

**VIOLET xR: EXPERIENCIA MULTIMEDIA COMO HERRAMIENTA DE
APOYO AL PROCESO DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE
ARQUITECTURA DE SISTEMAS MULTIMEDIA.**



**ERIK FERNANDO LOAIZA PATIÑO
CÓDIGO 2150237
MARCO ANTONIO ROLDÁN MOLINA
CÓDIGO 2150322**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA INGENIERÍA MULTIMEDIA
SANTIAGO DE CALI
2020**

**VIOLET xR: EXPERIENCIA MULTIMEDIA COMO HERRAMIENTA DE
APOYO AL PROCESO DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE
ARQUITECTURA DE SISTEMAS MULTIMEDIA.**



**ERIK FERNANDO LOAIZA PATIÑO
CÓDIGO 2150237
MARCO ANTONIO ROLDÁN MOLINA
CÓDIGO 2150322**

**Proyecto de grado para optar al título de
Ingeniero Multimedia**

**Director
JUAN VICENTE PRADILLA CERÓN
Ingeniero Telemático e Ingeniero de Sistemas**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA INGENIERÍA MULTIMEDIA
SANTIAGO DE CALI
2020**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Multimedia

ANDRES FERNANDO SOLANO

Jurado

EDGAR ANDRES MARTINEZ

Jurado

Santiago de Cali, 05 de marzo de 2020

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	16
2 JUSTIFICACIÓN	17
3 OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVO GENERAL	19
3.1.1 Objetivos específicos	19
4 MARCO REFERENCIAL	20
4.1 MARCO TEÓRICO	20
4.1.1 Teoría de la Autodeterminación	20
4.1.2 Teoría de la Carga Cognitiva	20
4.2 MARCO CONCEPTUAL	20
4.2.1 Aprendizaje Activo	20
4.2.2 Aprendizaje Autónomo	21
4.2.3 Motivación Extrínseca e Intrínseca	21
4.2.4 Aula Invertida	21
4.2.5 La retroalimentación en la educación	21
4.2.6 Entorno Virtual de Aprendizaje	22
4.2.7 Agente Pedagógico Animado	22
4.2.8 Realidad Aumentada, Realidad Virtual y Realidad Mixta	22
4.3 MARCO CONTEXTUAL	23
4.4 MARCO DEL ESTADO ACTUAL	25
4.4.1 Lección de matemática con RA	25

4.4.2 Electromagnetismo con RA	27
4.4.3 Paint-cAR	28
4.4.4 Agentes animados	28
4.4.5 Aprendizaje con agente pedagógico	29
 5 METODOLOGÍA	 31
5.1 ANÁLISIS	31
5.2 DISEÑO	32
5.3 IMPLEMENTACIÓN	32
5.4 PROTOTIPADO	32
5.5 EVALUACIÓN	32
5.6 LANZAMIENTO	33
 6 DESARROLLO, RESULTADOS Y DISCUSIÓN	 34
6.1 ANÁLISIS	34
6.1.1 Perfil de Usuario	35
6.1.1.1 Aspectos Demográficos	35
6.1.1.2 Aspectos Psicográficos	36
6.1.1.3 Aspectos conductuales	36
6.1.2 Mapa de Empatía	36
6.1.3 Espacios de Intervención	38
6.1.4 Requerimientos	39
6.1.4.1 Necesidades	40
6.1.4.2 Requerimientos Funcionales	40
6.1.4.3 Requerimientos No Funcionales	41
6.1.5 Stakeholders y Actores	42
6.1.6 Canvas de Proposición de Valor	43
6.1.7 Casos de Uso	44
6.2 DISEÑO	45
6.2.1 Arquitectura del curso	46
6.2.1.1 Modelo de Curso	46
6.2.1.2 Modelo de Conceptos	48
6.2.1.3 Camino de Aprendizaje	49

6.2.2 Violet xR	53
6.2.2.1 Arquitectura del Sistema	53
6.2.2.2 Avatar Agente Pedagógico	54
6.2.2.3 Selección de Tecnologías y Herramientas	57
6.2.2.4 Versionamiento y Documentación	65
6.2.2.5 Modelo Entidad Relación	66
6.2.2.6 Plataforma Web	68
6.2.2.7 Diseño de Interfaz de Usuario	68
6.2.2.8 Flujo de Navegación	70
6.2.2.9 StoryBoard	71
6.2.2.10 Diagrama de Despliegue	72
6.2.2.11 Marcadores	73
6.2.2.12 Diseño de la Interacción	77
6.3 IMPLEMENTACIÓN	78
6.3.1 Plataforma Web	79
6.3.1.1 Aplicación Web - FrontEnd	79
6.3.1.2 Aplicación Web - BackEnd	83
6.3.2 Avatar	87
6.3.3 Contenidos	89
6.4 PROTOTIPADO	89
6.5 EVALUACIÓN	90
6.6 LANZAMIENTO	96
7 CONCLUSIONES	98
7.1 Trabajo Futuro	99
7.2 Contribuciones	100
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS	108

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Descripción espacios de intervención	38
Cuadro 2. Stakeholders y Actores	43
Cuadro 3. Resultados de Encuesta de Atributos de Avatar.	54
Cuadro 4. Escala Evaluativa AHP	58
Cuadro 5. Criterios para la Selección de Herramientas del Componente de Despliegue de xR	58
Cuadro 6. Ponderación de Criterios para la Selección de Herramientas del Componente de Despliegue de xR	59
Cuadro 7. Evaluación de Consistencia	60
Cuadro 8. Herramientas para xR	60
Cuadro 9. Criterios de Selección de Framework Web	63
Cuadro 10. Ponderación de Criterios de Selección de Framework Web	63
Cuadro 11. Evaluación de Consistencia de Criterios de Selección de Framework Web	63
Cuadro 12. Frameworks Web	64
Cuadro 13. Resultados del Post-Test Prueba 1	93
Cuadro 14. Problemas Detectados Prueba 1 y Soluciones.	94
Cuadro 15. Resultados del Post-Test Prueba 2	95

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Representación Continuo de Virtualidad	23
Figura 2. RA en el Ciclo de Sobre expectativa de Tecnologías de Gartner 2018.	25
Figura 3. Interfaz gráfica de aplicación en RA	26
Figura 4. Interfaz de aplicación Electromagnetismo con RA	27
Figura 5. Aplicación móvil Paint-cAR	28
Figura 6. Agente animado	29
Figura 7. Asistencia de agente pedagógico	30
Figura 8. Representación gráfica del MPLu+a	31
Figura 9. Perfil del Estudiante - Demografía	35
Figura 10. Mapa de Empatía	37
Figura 11. Canvas de Proposición de Valor	44
Figura 12. Diagrama de Casos de Uso	45
Figura 13. Modelo de Curso	47
Figura 14. Modelo de Conceptos.	49
Figura 15. Camino de Aprendizaje (primer cohorte)	51
Figura 16. Arquitectura del Sistema	53
Figura 17. Violet Diseños 1	56
Figura 18. Violet Diseños 2	56
Figura 19. Diseñando a Violet en Blender 2.79	56
Figura 20. MB-Lab 1.6.5 en Blender	57
Figura 21. Diseño Realista (izquierda) vs Diseño Final de Violet (derecha)	57
Figura 22. Comparación resultados finales AHP Herramientas para el despliegue de xR	62

Figura 23. Comparación resultados finales AHP Frameworks Web	65
Figura 24. Gestión de Documentación	65
Figura 25. Versionamiento	66
Figura 26. Modelo Entidad Relación	67
Figura 27. Interfaz de Usuario Versión 1 (Plana-Convencional)	69
Figura 28. Interfaz de Usuario Versión 2 (RA - Interacción con RayCaster)	69
Figura 29. Interfaz de Usuario Versión 3 (RA - Interacción Mixta)	70
Figura 30. Flujo de Navegación Final	71
Figura 31. StoryBoard	72
Figura 32. Diagrama de Despliegue	72
Figura 33. Diseño de Marcadores Versión 1	74
Figura 34. Diseño de Marcadores Versiones 2 (arriba) y 3 (abajo)	75
Figura 35. Diseño de Marcadores Versión Final	75
Figura 36. Manipulación Incorrecta (izquierda) vs Manipulación Correcta del Marcador (derecha)	76
Figura 37. Ubicación Incorrecta de Marcadores (arriba) vs Ubicación Correcta de Marcadores (abajo)	76
Figura 38. Caja para los Marcadores	77
Figura 39. Pruebas de Interacción	78
Figura 40. Estructura de Carpetas Vue.js	80
Figura 41. Gestión de APIs y Servicios de Google	82
Figura 42. Configuración de vue-gapi.	83
Figura 43. Estructura de Archivos del BackEnd	84
Figura 44. Conjunto de Modelos	84
Figura 45. Ejemplo de Modelo de Módulos	85
Figura 46. Controladores en Sails.js	86
Figura 47. Función Asíncrona para Envío de Información del Estudiante.	86

Figura 48. Software Motive, OptiTrack	87
Figura 49. LipSync en Papagayo	88
Figura 50. Lipsync Importer & Blinker	88
Figura 51. Cubo “Torus Knot”	91
Figura 52. Prueba 1 – Experimentos Formales	92
Figura 53. Comparación Prueba 1 y Prueba 2	95
Figura 54. Servidor Web Firebase	97
Figura 55. Servidor Web Heroku	97

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Entrevista sobre percepción del curso.	108
Anexo B. Tablas de casos de uso.	109
Anexo C. Encuesta para avatar virtual.	114
Anexo D. Personajes involucrados en el estilo visual de Violet.	116
Anexo E. Planeación Pensando en Voz Alta y Cuestionario.	117
Anexo F. Guía de evaluador para Experimentos Formales.	119
Anexo G. Guía de usuario para Experimentos Formales.	120
Anexo H. Formato de acuerdo de confidencialidad.	124

RESUMEN

El proyecto Violet xR, tiene como objetivo Desarrollar una experiencia multimedia basada en xR que fomente la motivación de los estudiantes sobre su proceso de aprendizaje en la asignatura de Arquitectura de Sistemas Multimedia. Esto debido a que los estudiantes se tornan desmotivados frente a la metodología del curso y presentan dificultad para asumir las dinámicas de aprendizaje activo que en él se plantean.

El proyecto se llevó a cabo a partir de la metodología iterativa MPlu+a. Durante el análisis se especificó el perfil del estudiante como usuario del sistema, se detalló el contexto de despliegue de Violet xR y se establecieron los requerimientos sobre los cuales se diseñó y evaluó a través de prototipos.

El resultado obtenido comprende una aplicación Web en Realidad Aumentada (RA), un avatar llamado Violet que hace las veces de guía del usuario y unos marcadores como elemento físico activador de la RA. El alcance de la experiencia diseñada se encuentra limitado por la creación de un único contenido de estudio relacionado con las telecomunicaciones en un sistema multimedia, lo anterior para garantizar una prueba del propósito del aplicativo.

Para la evaluación de la funcionalidad se realizaron 3 pruebas, la primera dedicada al entendimiento de la interacción con 11 personas, la segunda y tercera fueron experimentos formales sobre la integridad del aplicativo con 14 y 16 estudiantes respectivamente. Pese a los retos asumidos con estas tecnologías, las pruebas permitieron demostrar que existen indicios de motivación en los estudiantes sobre este tipo de sistemas, por lo cual, se plantearon un conjunto de trabajos futuros con un mayor grado de alcance.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Aprendizaje Autónomo, Aprendizaje Activo, Avatar / Agente Pedagógico.

ABSTRACT

The Violet xR project aims to develop a multimedia experience based on xR that increases the motivation of students about their learning process in the subject of Multimedia Systems Architecture. This is because students become unmotivated in the face of the course methodology and have difficulty in assuming the dynamics of active learning that arise in it.

The project was carried out based on the iterative methodology MPlu+a. During the analysis, the student profile was specified as a user of the system, the deployment context of Violet xR was detailed and the requirements on which it was designed and evaluated through prototypes were established.

The result obtained includes a Web application in Augmented Reality (RA), an avatar called Violet that serves as a user guide and some markers as a physical element activating the RA. The scope of the designed experience is limited by the creation of a single study content related to telecommunications in a multimedia system, the above to guarantee proof of the purpose of the application.

For the evaluation of the functionality, 3 tests were carried out, the first dedicated to the understanding of the interaction with 11 people, the second and third were formal experiments on the integrity of the application with 14 and 16 students respectively. In spite of the challenges assumed with these technologies, the tests allowed to demonstrate that students present motivational evidence about the use of this type of systems, for which reason, a set of future works with a greater degree of scope were raised.

Keywords: Augmented Reality, Autonomous Learning, Active Learning, Avatar / Pedagogical Agent.

INTRODUCCIÓN

La continua transformación educativa ha puesto su foco en las pedagogías activas en las últimas décadas, centrando el proceso de enseñanza-aprendizaje en los alumnos¹; mientras que, el docente ejerce de mediador entre la estructura del conocimiento y la estructura cognitiva del estudiante², ayudándolo a comprometerse en un aprendizaje autónomo.

Sin embargo, en algunos escenarios académicos aún se encuentra la figura del docente que se constituye como un transmisor del conocimiento de forma expositiva mientras los alumnos reciben la información de forma pasiva, limitándose a realizar ejercicios de aplicación³.

Por su parte, desde la psicología educativa, se ha establecido el precepto de que las personas aprenden cuando perciben la necesidad de saber, mientras que el hecho de hablar de la necesidad de un conocimiento no resulta siendo un motivador particularmente efectivo⁴. Además, la Teoría de la Autodeterminación, indica que motivar al estudiante implica ayudarlo a fomentar su autonomía⁵.

Esto no quiere decir que basta con aplicar pedagogías activas para asegurar resultados satisfactorios en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se requiere, además, una efectiva instrucción, habilidad y cuidado en la implementación de estos tipos de enseñanza para evitar resistencias por parte de los estudiantes⁶, dado que, dependiendo del contexto, puede convertirse en un modelo disruptivo para algunos, como sucede en el contexto de este proyecto. Aquí la relevancia de la participación del instructor/docente en la transición.

¹ ÁLVAREZ, Begoña; GONZÁLEZ, Celina Y GARCÍA, Nuria. La motivación y los métodos de evaluación como variables fundamentales para estimular el aprendizaje autónomo [en línea]. En: Revista de Docencia Universitaria (REDU). Abril de 2008, vol. 5, no. 2, p. 2-5. [Consultado: 8 de enero de 2019]. Disponible en internet: <https://cutt.ly/irQR6zE>

² Ibíd., p. 2-5. Disponible en internet: <https://cutt.ly/irQR6zE>

³ PRINCE, Michael J. y FELDER, Richard M. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases [en línea]. En: Journal of Engineering Education. Marzo de 2006, p. 1. [Consultado: 8 de enero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/gfv89t>

⁴ Ibíd., p. 1. Disponible en internet: <http://doi.org/gfv89t>

⁵ RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being [en línea]. En: American Psychologist. Enero de 2000, vol. 55, no. 1, p. 68-78. [Consultado: 21 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/bgvcpf> DOI: 10.1037//0003-066X.55.1.68

⁶ PRINCE, Michael J. y FELDER, Richard M. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases [en línea]. En: Journal of Engineering Education. Marzo de 2006, p. 23. [Consultado: 8 de enero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/gfv89t>

Estas ideas expuestas se integran con la intención de motivar a los estudiantes con nuevos formatos, medios, experiencias y oportunidades que brinda la tecnología frente a su alta velocidad de evolución. Dando lugar a la iniciativa de construir una aplicación de aprendizaje autónomo y de bajo costo que integre las tecnologías de xR.

Específicamente, se trabaja bajo el marco contextual del programa académico de Ingeniería Multimedia de la Universidad Autónoma de Occidente, en donde se encuentran estudiantes desmotivados frente al reto de asumir la metodología de aprendizaje con pedagogía activa propuesto en la asignatura de Arquitectura de Sistemas Multimedia.

Por esto, con ayuda de la metodología MPlu+a y con pautas sobre el uso de software gratuito y abierto, se desarrolló una experiencia que consolidó una mejor percepción de los estudiantes respecto a la asignatura y a su vez les permita alcanzar su autodeterminación para el aprendizaje de las temáticas de la misma.

1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la asignatura de Arquitectura de Sistemas Multimedia (ASM) del programa de Ingeniería Multimedia (IM) de la Universidad Autónoma de Occidente (UAO), en los últimos cuatro períodos académicos, se ha instaurado el uso de metodologías de aprendizaje activo, las cuales se caracterizan por un formato colaborativo y reflexivo, donde el estudiante tiene un papel central en su proceso de aprendizaje, mientras el docente asume un rol de monitor, instructor y guía del proceso.

Así, una de las metodologías activas aplicada en ASM es el aula invertida, cuya correcta apropiación depende en gran manera de que los participantes del curso estudien fuera de la sesión presencial de clase el material compartido por el docente, de forma que puedan hacer frente a las prácticas y proyectos propuestos para desarrollar durante las sesiones, y para las cuales requieren de un acervo teórico bien construido.

Por otro lado, se hace necesario que los alumnos desarrollen una percepción positiva y una apropiación frente al proceso de aprendizaje, pues la motivación también juega un rol importante en la promoción de un buen desempeño académico, ya que conduce a un compromiso con el aprendizaje óptimo.⁷

Asimismo, a partir de observaciones realizadas por el docente y entrevistas a los alumnos, se evidencian casos de estudiantes con ausencia de conocimientos profundos al finalizar la asignatura y comportamientos ligeramente participativos y desmotivados en el transcurso de la misma; debido a la falta de confianza en sus capacidades, la percepción de obligatoriedad sobre el curso, la incompetencia inconsciente, el desconocimiento de fuentes de información, y el choque abrupto con una nueva metodología de aprendizaje.

De esta forma, se considera relevante la atención de esta situación y se identifica una oportunidad de intervención para dar respuesta a la pregunta: ¿Qué mecanismos se pueden desarrollar para promover la motivación para el aprendizaje en los estudiantes de ASM?

⁷ NIEMIEC, Christopher P.; RYAN, Richard M. Autonomy, competence, and relatedness in the classroom [en línea]. En: School Field, SAGE Publications. Junio de 2009, Vol. 7, no. 2, p. 133-144. [Consultado: 4 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/bmwfzs>

2 JUSTIFICACIÓN

En las prácticas de enseñanza y aprendizaje de educación superior se manifiesta la necesidad de desarrollar constantemente diferentes estrategias que fomenten la apropiación del conocimiento disciplinar por parte de los estudiantes, dado que las metodologías utilizadas por el docente, los hallazgos en su efectividad, sus falencias y variables externas al proceso de transmisión del conocimiento influyen de manera significativa en el aprendizaje de los mismos⁸. Convirtiéndose este en el punto de partida del docente para el diseño y la construcción del camino más apropiado para lograr una mediación pedagógica eficaz.

El compromiso con el aprendizaje puede ser concebido desde un punto de vista impositivo y otro auto regulado, siendo este último, el relacionado con la independencia del estudiante para la realización de sus actividades académicas⁹. La motivación intrínseca, según la Teoría de la Autodeterminación (SDT por sus siglas en inglés Self Determination Theory), se logra a partir de la estimulación de las tres necesidades psicológicas básicas, donde una de ellas es la autonomía¹⁰, y dado que en la asignatura de ASM se desarrolla empleando metodologías de aprendizaje activo, como en el caso de aula invertida, se convierte en labor del docente apoyar a los estudiantes a alcanzar su autodeterminación para conceder mejores resultados académicos y retención de conocimiento a largo plazo¹¹.

Por otra parte, los estudiantes desmotivados pueden dejar de realizar sus actividades de forma óptima, de modo que el conocimiento profundo se hace ausente. El no lograr adquirir este conocimiento puede conllevar efectos negativos para el estudiante tanto en el bajo desempeño académico como en el campo laboral debido a la falta de desarrollo de ciertas habilidades disciplinares.

Además, dentro del objetivo de involucrar el estímulo de estas necesidades psicológicas en el diseño y la construcción de herramientas para el aprendizaje se encuentra relevante considerar aspectos de educación personalizada que demuestra ser efectiva para este propósito¹², donde se busque tener en cuenta

⁸ DOS SANTOS, Renata. Significant and Autonomous Learning of Scientific Writing by Active Methodologies in Portuguese Language classes [en línea]. En: 2018 3rd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE). Junio de 2018. p. 1-7. [Consultado: 20 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/dg2n>.

⁹ LAMAS ROJAS, Héctor. Aprendizaje autorregulado, motivación y rendimiento académico. Liberabit [en línea]. 2008, vol.14, n.14. [Consultado: 22 de febrero de 2019], p. 15-20. Disponible en internet: <https://bit.ly/2PJIQgg>. ISSN 2233-7666.

¹⁰ GOLDMAN, Zachary W.; GOODBOY, Alan K.; WEBER Keith. College Students' Psychological Needs and Intrinsic Motivation to Learn: An Examination of Self-Determination Theory [en línea]. En: Communication Quarterly. Agosto de 2016, vol. 65, n.2. [Consultado: 22 de febrero de 2019], p. 167-191 Disponible en internet: <http://doi.org/dg2p>

¹¹ Ibid., p. 187 Disponible en internet: <http://doi.org/dg2p>

¹² Ibid., p. 181 Disponible en internet: <http://doi.org/dg2p>

al estudiante para el diseño de su camino de aprendizaje, además de la asistencia y la retroalimentación efectiva, las cual promueven el aprendizaje autónomo¹³.

Finalmente, se ha investigado que las experiencias basadas en realidad virtual y aumentada que tienen en cuenta las necesidades psicológicas de los estudiantes, contribuyen a la mejora general de la motivación y la experiencia de aprendizaje del alumno en el diseño de entornos de aprendizaje productivos e interactivos¹⁴, de forma que es preciso explorar nuevas aproximaciones desde el campo de la ingeniería multimedia que contribuyan a estas investigaciones para el mejoramiento de la motivación, desarrollando experiencias y sistemas que impacten positivamente las necesidades de aprendizaje de los estudiantes.

¹³MAURI, Teresa. *et al.* Uso de cuestionarios online con feedback automático para la e-innovación en el alumnado universitario [en línea]. En: Comunicar 51: E-innovación en la educación superior. Abril de 2017, Vol. 25, n.51, p 51-60. [Consultado: 21 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/dg2q>. ISSN: 1134-3478. E-ISSN: 1988-3293

¹⁴BACKMAN, Kenneth F., *et al.* An investigation of motivation and experience in virtual learning environments: a self-determination theory [en línea]. En: Education and Information Technologies. Enero de 2019, vol. 24, no.1, p. 591-611. [Consultado: 21 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/dg2r>. ISSN: 1360-2357. E-ISSN: 1573-7608

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una experiencia multimedia basada en xR que fomente la motivación de los estudiantes sobre su proceso de aprendizaje en la asignatura de Arquitectura de Sistemas Multimedia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las necesidades de los usuarios y el contexto en el cual se desarrolla la problemática.
- Diseñar una experiencia multimedia de acuerdo al análisis previo.
- Implementar el diseño de la experiencia multimedia.
- Probar la experiencia implementada con los usuarios.

4 MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Teoría de la Autodeterminación

La Teoría de la Autodeterminación (SDT por sus siglas en inglés, Self-Determination Theory) es un enfoque de la motivación y la personalidad humana que utiliza métodos empíricos tradicionales al tiempo que emplea una metateoría orgánica que resalta la importancia de los recursos internos evolucionados de los humanos para el desarrollo de la personalidad y la autorregulación conductual¹⁵.

4.1.2 Teoría de la Carga Cognitiva

La teoría de la carga cognitiva es una teoría de la instrucción basada en nuestro conocimiento de la cognición humana, la teoría ha usado aspectos de la arquitectura cognitiva humana para generar efectos instructivos experimentales producto de comparaciones entre procedimientos tradicionales y otros basados en esta teoría¹⁶. De esta manera se establecen insumos para el diseño de estímulos para el aprendizaje.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

4.2.1 Aprendizaje Activo

Hace referencia al aprendizaje a través de la experiencia en donde se lleva a cabo un enfoque reflexivo sobre las actividades y se le da protagonismo al estudiante y al desarrollo de su pensamiento¹⁷.

¹⁵ RYAN Richard M.; DECI, Edward L. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being [en línea]. En: American Psychologist. Enero de 2000, vol. 55, no. 1, p. 68-78. [Consultado: 21 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/bgvcpf> DOI: 10.1037//0003-066X.55.1.68

¹⁶ SWELLER, John. CHAPTER TWO - Cognitive Load Theory [en línea]. En: Academic Press, Psychology of Learning and Motivation. Julio d 2011, vol.55, p. 37-76. [Consultado: 21 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/cr3szq> ISSN: 0079-7421

¹⁷ DÍAZ, Frida. Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida. México: Mc Graw Hill. 2006, 165 p.

4.2.2 Aprendizaje Autónomo

Este tipo de aprendizaje cuenta con actividades que promueven el ingenio, la iniciativa y la persistencia¹⁸, además caracteriza al estudiante con un alto grado de intervención sobre su proceso de aprendizaje, además de contar con la habilidad de poner en práctica lo que ha aprendido de manera independiente¹⁹.

4.2.3 Motivación Extrínseca e Intrínseca

La motivación intrínseca refiere a la realización de una actividad por una satisfacción inherente, es decir, al disfrute del proceso que conlleva la actividad, mientras la motivación extrínseca implica un valor instrumental, es decir, un resultado externo²⁰.

4.2.4 Aula Invertida

Este enfoque consiste en el desplazamiento de la instrucción directa desde el aprendizaje grupal a la dimensión del aprendizaje individual, de forma que en el espacio grupal el docente toma un rol de facilitador para guiar a los estudiantes en la aplicación de conceptos y en su involucramiento creativo con el curso, generando así un espacio dinámico e interactivo²¹.

4.2.5 La retroalimentación en la educación

Tener presente aquello que se sabe y lo que no sabe ayuda a enfocar el aprendizaje, los estudiantes necesitan que se les comente sobre su rendimiento para aprovechar mejor el proceso²². Es por esto por lo que la retroalimentación

¹⁸ PONTON, Michael K y RHEA, Nancy E. Autonomous learning from a social cognitive perspective [en línea]. En: New Horizons in Adult Education and Human Resource Development, Spring 2006, v. 20, p. 38-49. [Consultado: 20 de febrero de 2019]. Disponible en Internet: <http://doi.org/dg2s>

¹⁹ CORREA ARIAS, César. Autonomous Learning and New Possibilities for Intercultural Communication in Online Higher Education in Mexico [en línea]. En: Teaching and Training for Global Engineering: Perspectives on Culture and Professional Communication Practices. University of Guadalajara. Abril de 2016. ed. 1. p. 127-148. [Consultado: 20 de febrero de 2019]. Disponible en Internet: <http://doi.org/dg2t>

²⁰ RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions [en línea]. En: Contemporary Educational Psychology, enero de 2000 vol 25, no. 1, p. 54-67. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/dxq9qk> ISSN 0361-476.

²¹ FLIPPED LEARNING NETWORK (FLN). The Four Pillars of F-L-I-P™ [en línea]. (12 de marzo de 2014), p 1 [Consultado: 2 de marzo de 2019]. Disponible en Internet: <https://bit.ly/2PknnW2>

²² CHICKERING, Arthur W.; GAMSON, Zelda F. Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education [en línea]. En: AAHE Bulletin. Marzo de 1987. p 3-7. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <https://bit.ly/2PoiUlg>

oportuna juega un papel importante en el proceso de aprendizaje pues promueve la transferencia y la retención en el aprendizaje²³.

4.2.6 Entorno Virtual de Aprendizaje

Un entorno virtual de aprendizaje (EVA) es un sistema para la gestión del conocimiento que aprovecha las características del internet para la difusión de materiales digitales, evaluación del aprendizaje y seguimiento de resultados; haciendo uso de múltiples herramientas digitales²⁴. Así mismo define roles específicos para diferenciar las funciones ofrecidas entre los gestores del conocimiento y los estudiantes.

4.2.7 Agente Pedagógico Animado

Un agente pedagógico animado (APA) es un personaje animado con características antropomórficas que habita un entorno de aprendizaje basado en computadora, y proporciona a los alumnos asistencia pedagógica²⁵, como lo es la instrucción o guía de temas específicos.

4.2.8 Realidad Aumentada, Realidad Virtual y Realidad Mixta

La Realidad Virtual (RV) es una tecnología que sumerge a un usuario en un entorno sintético en el cual no puede ver elementos del mundo real, mientras que la Realidad Aumentada (RA), en contraste, permite ver el mundo real con objetos virtuales superpuestos²⁶. Por otro lado, la Realidad Mixta (RM) es un continuo de posibles combinaciones de realidad y "virtualidad" (Figura 1), cuyos extremos corresponden a la virtualidad pura y a la realidad pura²⁷, y en el cual están enmarcados RV y RA.

²³ CHENG, Hercy N. H. et al. Using Feedback to Improve Learning: Differentiating between Correct and Erroneous Examples [en línea]. En: 2015 International Symposium on Educational Technology (ISET). Julio de 2015. p. 99-103. [Consultado: 22 de febrero de 2019] Disponible en internet: <http://doi.org/dg2v>

²⁴ BELLOCH, Consuelo. Entornos Virtuales de Aprendizaje [En línea]. En: Unidad de Tecnología Educativa (UTE). Universidad de Valencia. [Consultado: 22 de febrero de 2019] Disponible en internet: <https://bit.ly/38xbhAi>

²⁵ CHOI, Sunhee; CLARK, Richard E. Cognitive and Affective Benefits of an Animated Pedagogical Agent for Learning English as a Second Language [En línea]. En: Journal of Educational Computing Research. Junio de 2006, vol. 34, n. 4, p. 441–466. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/b4gdq9>

²⁶ AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality [en línea]. En: Presence: Teleoperators and Virtual Environments. Agosto de 1997, vol. 6, n.4, p 355-385 [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/gd7gb4>. ISSN: 1054-7460 E-ISSN: 1531-3263

²⁷ KISHINO, Fumio; MILGRAM, Paul. A Taxonomy Of Mixed Reality

Figura 1. Representación Continuo de Virtualidad



Fuente: Elaboración propia a partir de: A Taxonomy Of Mixed Reality Visual Displays [Imagen]. [Consultado: 2 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://bit.ly/2tk0OrV>. ISSN: 09168532

4.3 MARCO CONTEXTUAL

El alcance inicial del proyecto está enmarcado en la asignatura de Arquitectura de Sistemas Multimedia de la Universidad Autónoma de Occidente, dictada a los estudiantes de Ingeniería Multimedia.

Además, se identificó, mediante encuestas realizadas en los semestres 2018-01, 2018-03 y 2019-01, que la mayoría de estudiantes del curso pertenecen a los estratos socioeconómicos 3 y 4, y cursan semestres superiores a 5º, lo cual implica que poseen conocimientos técnicos básicos. Asimismo, consideran que las temáticas abordadas representan un punto importante para el desarrollo profesional y, de manera general, están satisfechos con el trabajo alcanzado. El 100% cuenta con teléfonos móviles los cuales, a su vez, cuentan con al menos procesadores de 2 núcleos y 1GB de RAM. El 70,27% posee dispositivos con procesadores de hasta 8 núcleos, y el 83,78% posee dispositivos con 2 GB de RAM o más. Por otro lado, el 89.2% cuenta con computadores de gama media a alta, están dotados de procesadores que van desde los Intel CORE i3 U a los Intel CORE i7 HQ y en referencias AMD equivalentes, algunos poseen tarjeta gráfica independiente y todos tienen una capacidad de memoria RAM de 4 GB o superior. Además de esto, el 100% de los estudiantes cuentan con Internet en su casa, pero sólo el 62,16% posee plan de datos móvil.

Desde una visión legal, dado la naturaleza del sistema, se encuentra relevante para el proyecto tener en cuenta las leyes enfocadas en tratamiento de datos dado que se llevará registros asociados a los estudiantes y educación por el ámbito donde este se desarrolla, entre las leyes relacionadas con el tratamiento de datos se destacan la ley estatutaria 1581 de 2012: “Por la cual se dictan

Visual Displays [en línea]. En: IEICE Transactions on Information and Systems, Diciembre de 1994 vol E77-D, no. 12, p. 1321-1329. [Consultado: 2 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://bit.ly/2tk0OrV>. ISSN: 09168532

disposiciones generales para la protección de datos personales”²⁸ y la ley de Habeas Data (ley estatutaria 1266 de 2008) mientras que en el ámbito de educación se encuentran las leyes de educación superior ley 1188 de 2008²⁹ y ley 30 de 1992³⁰.

Asimismo, también se considera que Violet xR se enmarca dentro de la creciente acogida de los modelos educativos basados en aula virtual y e-learning como lo indica OBS Business school³¹, con un crecimiento del mercado entre 7.6% y 9.6% para el 2020, este crecimiento también refleja una tendencia de incorporación de nuevos formatos de presentación del contenido como lo es la realidad virtual y la realidad aumentada. Cómo se puede observar en la figura 2, basada en el ciclo de sobreexpectación de tecnologías de Gartner para el año 2018³², la realidad aumentada se encuentra en un estado más maduro finalizando el abismo de desilusión e iniciando la rampa de consolidación, significando esto que a nivel inversión se encuentra en un mayor momento de certidumbre.

²⁸ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley Estatutaria 1581 (18, octubre, 2012). Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales [en línea]. Santa Fe de Bogotá, D.C.: Diario Oficial No. 48.587. p. 1. [Consultado: diciembre 6 de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2RVNLXK>

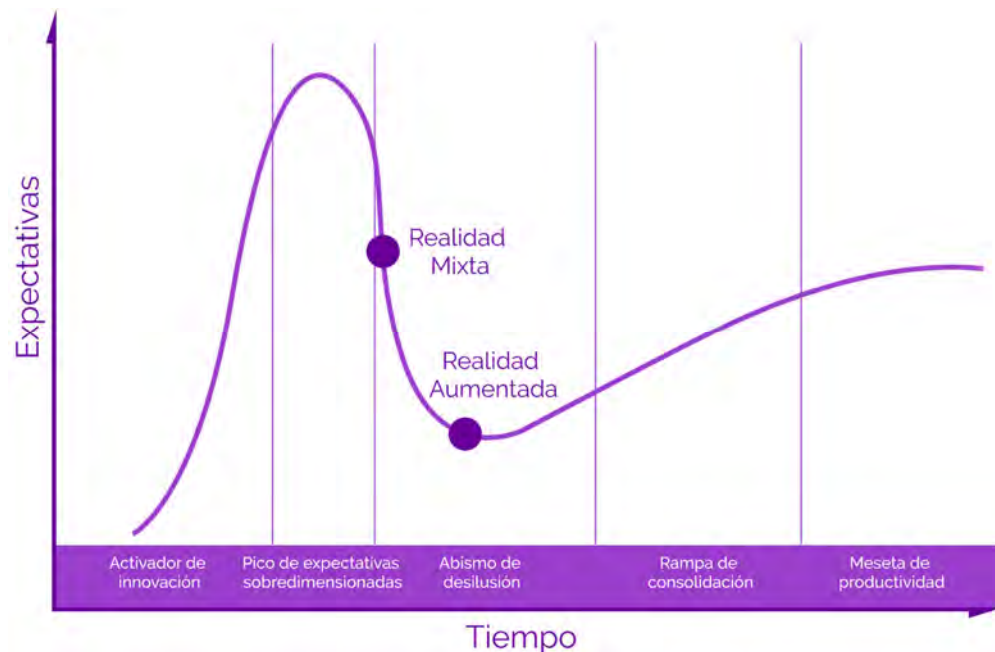
²⁹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1188 (25, abril, 2008). Por la cual se regula el registro calificado de programas de educación superior y se dictan otras disposiciones [en línea]. Santa Fe de Bogotá, D.C. [Consultado: diciembre 6 de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2EngMwM>

³⁰ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 30 (28, diciembre, 1992). Por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. [en línea]. Santa Fe de Bogotá, D.C.: Diario Oficial No. 40.700. [Consultado: diciembre 6 de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/36zqUFu>

³¹ OBS Business School, El mercado del e-learning crecerá cada año un 7.6% hasta 2020 [sitio web]. Barcelona (26 de mayo de 2017). [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2M07TnX>

³² GARTNER. 5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018 [Imagen]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en internet: <https://gtmr.it/2qU3oUC>

Figura 2. RA en el Ciclo de Sobre expectación de Tecnologías de Gartner 2018.



Fuente: Elaboración propia a partir de: GARTNER. 5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018 [Imagen]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en internet: <https://gtnr.it/2qU3oUC>

4.4 MARCO DEL ESTADO ACTUA

Actualmente existen diversas propuestas que buscan apoyar a los estudiantes universitarios en su proceso de aprendizaje, desde sistemas para la gestión individual del conocimiento, hasta propuestas de apoyo en el salón de clase, aunque no hay alguna referencia que esté centrada respectivamente en apoyar la materia de Arquitectura de Sistema Multimedia, existen sistemas que pueden favorecer la motivación para el aprendizaje en los estudiantes haciendo uso de herramientas como lo son la realidad aumentada y los agentes pedagógicos, a continuación, se listan algunos de ellos.

4.4.1 Lección de matemática con RA

El propósito del estudio fue analizar el logro de los estudiantes y su motivación durante una actividad de aprendizaje de matemáticas (Figura 3) en el tema de

análisis dimensional, esto para determinar el impacto de la tecnología RA en la educación de matemáticas³³.

Figura 3. Interfaz gráfica de aplicación en RA



Fuente: The Effect of an Augmented Reality Enhanced Mathematics Lesson on Student Achievement and Motivation [Imagen]. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en Internet: <https://bit.ly/38ITHJZ>.

En este caso específico, se realizó un folleto impreso que permitió visualizar diversos contenidos con dispositivos móviles a partir de marcadores, dicho contenido incluye: videos, audios, evaluaciones y links que sirven para aumentar la información.

Los estudiantes se muestran motivados a utilizar las herramientas de RA para el aprendizaje, además, en los test, se verifica la prevalencia del conocimiento, pues tanto en el post-test como en el test de un mes después de la experiencia, se demuestra un manejo conceptual y técnico de los conceptos matemáticos. De este modo, queda evidenciado empíricamente que las tecnologías en RA contribuyen a la motivación, de forma que el actual proyecto, Violet xR, podría contemplar la implementación de esta tecnología. Además, en caso de utilizar elementos impresos para RA se debería seguir la consideración de disponer un número de elementos inferior a 7 o 9.

³³ESTAPA, Anne; NADOLNY, Larysa. The Effect of an Augmented Reality Enhanced Mathematics Lesson on Student Achievement and Motivation [en línea]. En: Journal of STEM Education: Innovations and Research, agosto a septiembre de 2015, vol. 16, n. 3, p. 40-48. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <https://bit.ly/38ITHJZ>. E-ISSN: 1557-5284

4.4.2 Electromagnetismo con RA

El estudio buscó determinar hasta qué punto una aplicación RA puede mejorar la motivación y el aprendizaje, mediante un sistema para aprender sobre los principios fundamentales del electromagnetismo.³⁴ La Figura 4 muestra las interfaces de la aplicación.

Figura 4. Interfaz de aplicación Electromagnetismo con RA



Fuente: Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness [Imagen]. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en Internet: <http://doi.org/f5k62p>

El estudio argumenta que la tecnología de RA mejora la motivación y facilita el aprendizaje profundo. El estudio nos permite reafirmar que con dicha tecnología se hace énfasis en la mejora de la concentración sobre la tarea, el sentido de control y la retroalimentación. La investigación presenta un argumento de que la tecnología RA mejora la motivación y facilita el aprendizaje profundo, por lo tanto, el desarrollo de experiencias que se fundamenten en esta tecnología deberían tenerse en cuenta en el desarrollo de Violet xR.

³⁴ DELGADO KLOOS, Carlos. *et al.* Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness [en línea]. *En: Computers & Education*. Febrero de 2017, vol. 71, p. 1-13. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/f5k62p> ISSN 0360-1315.

4.4.3 Paint-cAR

Este estudio presenta una aplicación de RA móvil basada en marcadores llamada Paint-cAR (Figura 5) para apoyar el proceso de aprendizaje de la reparación de pintura en un automóvil en el contexto de un programa de educación vocacional de mantenimiento de automóviles³⁵.

Figura 5. Aplicación móvil Paint-cAR



Fuente: Mobile Augmented Reality in Vocational Education and Training [Imagen]. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en Internet: <http://doi.org/dq2w>

El proyecto demuestra un estudio enfocado a los aspectos motivacionales del uso de RA en educación, en este caso, es relevante para Violet xR el contexto en que se pone en práctica, además, propone una base para asumir que RA es más llamativo para los estudiantes que las técnicas convencionales.

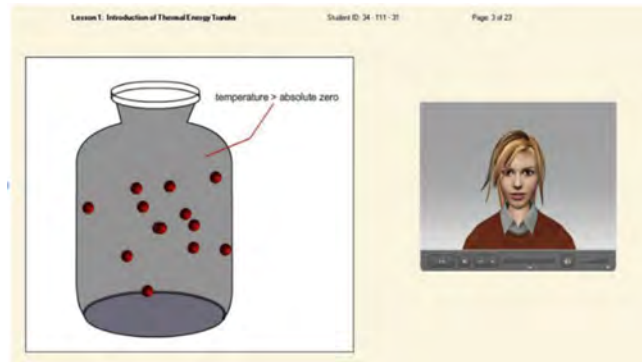
4.4.4 Agentes animados

Este estudio comprueba la influencia de los agentes animados en los entornos de aprendizaje, utilizando como variables, la retroalimentación, la carga cognitiva y la motivación de los estudiantes. Además se estudia si la presencia de dichos agentes influye en las calificaciones de los estudiantes³⁶. El estudio se realizó variando la presencia del agente pedagógico y el tipo de retroalimentación (simple o elaborada). La figura 6 muestra la interfaz, y el agente objeto de estudio.

³⁵BACCA, Jorge. *et al.* Mobile Augmented Reality in Vocational Education and Training [en línea]. *En: Procedia Computer Science*. Diciembre de 2015, vol. 74, p. 49-58. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/dq2w> ISSN 1877-0509.

³⁶ ATKINSON, Robert K. *et al.* Animated agents and learning: Does the type of verbal feedback they provide matter? [en línea]. *En: Computers & Education*. Septiembre de 2013, vol. 67, p. 239-249. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/f42pkg> ISSN 0360-1315

Figura 6. Agente animado



Fuente: Animated agents and learning: Does the type of verbal feedback they provide matter? [Imagen]. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en Internet: <http://doi.org/f42pkg>

Los resultados del estudio indican que la capacidad de un agente animado para fomentar el aprendizaje moderada por componentes de instrucción, específicamente el tipo de retroalimentación verbal que entrega un agente, y estos a su vez influyen positivamente en la percepción de los alumnos. Además, se sugiere que los agentes pedagógicos deberían proporcionar señales sociales verbales de manera óptima.

Finalmente, la incorporación de agentes pedagógicos animados en Violet xR siguiendo las consideraciones de retroalimentación verbal podrían contribuir tanto a la motivación como a la percepción de la carga de cognitiva.

4.4.5 Aprendizaje con agente pedagógico

La investigación permite comprender cómo las señales sociales implementadas en un agente virtual pedagógico pueden disminuir la carga cognitiva percibida además de aumentar el interés, motivación y éxito de los estudiantes con el aprendizaje. Para ello se utilizan cuatro principios de diseño: Multimedia, personalización, voz y personificación³⁷. La figura 7 muestra la interfaz objeto de estudio.

³⁷ SANGHOON PARK. The Effects of Social Cue Principles on Cognitive Load, Situational Interest, Motivation, and Achievement in Pedagogical Agent Multimedia Learning [en línea]. Journal of Educational Technology & Society. Octubre de 2015, vol. 18, no. 4, p. 211–229. [Consultado: 22 de febrero de 2019] Disponible en internet: <https://bit.ly/2PPqB9C> ISSN: 1176-3647. E-ISSN: 1436-4522.

Figura 7. Asistencia de agente pedagógico



Fuente: The Effects of Social Cue Principles on Cognitive Load, Situational Interest, Motivation, and Achievement in Pedagogical Agent Multimedia Learning [Imagen]. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en Internet: <https://bit.ly/2PPqB9C>

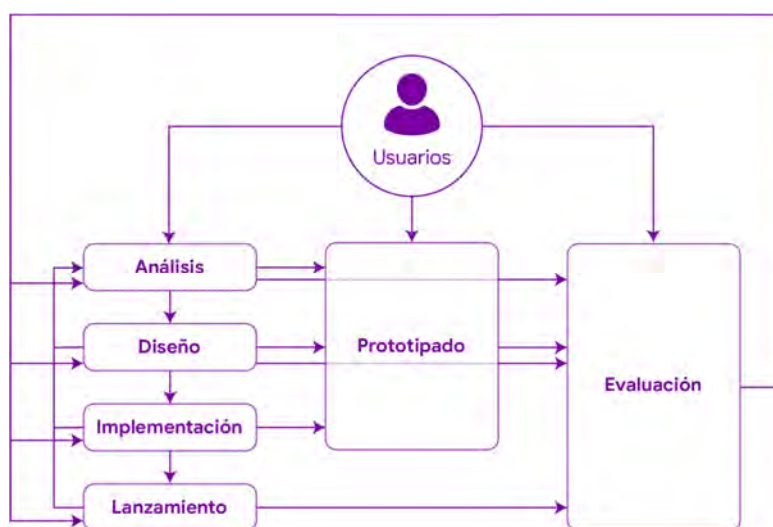
Las señales sociales estudiadas en el artículo, representan componentes funcionales que permiten al agente virtual ser empático, Este tipo de características influyen positivamente a los usuarios de entornos virtuales de aprendizaje tanto en la disminución de la carga cognitiva percibida como en la motivación.

El estudio concluye que la presencia de imágenes no afecta la carga cognitiva percibida; el uso de voz humana del agente disminuye la carga cognitiva percibida y motiva al estudiante; y que los mensajes personalizados (texto o voz) disminuyen la carga cognitiva percibida. Este tipo de consideraciones deberían tenerse en cuenta para la implementación de agentes pedagógicos animados en Violet xR, principalmente aquellas que se relacionan con el uso de voz humana dentro del factor conversacional del agente.

5 METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrollará bajo la metodología del modelo de proceso de la ingeniería de la usabilidad y la accesibilidad (MPlu+a), interpretándose como un modelo basado en los principios del diseño centrado en el usuario (DCU). Consiste en 5 fases iterativas. La figura 8 muestra una representación visual del proceso y sus fases que se detallan a continuación.³⁸

Figura 8. Representación gráfica del MPlu+a



Fuente: Elaboración propia a partir de: LORÉS VIDAL, Jesús; CAÑAS DELGADO, José Juan y GRANOLLERS I SALTIVERI, Toni. Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario. 1 ed. Barcelona: Editorial UOC. 2005. ISBN: 8497883209.

5.1 ANÁLISIS

Se procede a establecer una lista de requerimientos funcionales y no funcionales que el proyecto debe contemplar en su desarrollo. A través de ella se podrán especificar aspectos técnicos que la solución debe integrar. Así, los requerimientos juegan un papel importante en esta etapa, influyendo directamente sobre el balance de la arquitectura de software, hardware y experiencia de usuario.

³⁸ LORÉS VIDAL, Jesús; CAÑAS DELGADO, José Juan y GRANOLLERS I SALTIVERI, Toni. Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario. 1 ed. Barcelona: Editorial UOC. 2005. ISBN: 8497883209.

Además, hay que hacer especial énfasis de la consecución de las verdaderas necesidades de los usuarios como objetivo prioritario. A partir de este análisis, se puede desarrollar el perfil de usuario de los estudiantes de Ingeniería Multimedia dentro del contexto de la clase de Arquitectura de Sistemas Multimedia.

5.2 DISEÑO

El proceso global del diseño de la interacción se ve dividida en dos principales actividades: el diseño de la actividad y el diseño de la información. Así, el diseño de la actividad está directamente relacionado con la parte funcional del sistema, lo cual define las tecnologías disponibles al usuario para la consecución de las actividades. Mientras que, el diseño de la información tiene como objetivo dar soporte a la percepción, interpretación y la comprensión de la información al momento en el que un usuario realice una interacción con el sistema.

5.3 IMPLEMENTACIÓN

También se conoce como la fase de codificación, ya que aquí se procede a escribir el código del software que permitirá que el sistema sea finalmente implementado, teniendo en cuenta las especificaciones ya establecidas en la fase de análisis. El proceso de desarrollo técnico del sistema se dará en esta fase, lo cual demanda una mayor inversión de recursos monetarios, tecnológicos y temporales durante todo el proyecto. Asimismo, el progreso de los procesos llevados a cabo dará lugar a los ciclos iterativos de la metodología.

5.4 PROTOTIPADO

La metodología procura garantizar que se cumplan las pautas para disponer de un sistema que sea altamente usable y accesible a la vez que le concede un grado de libertad al equipo de desarrollo para decidir cómo y cuándo aplicar las diferentes técnicas para la maquetación. De esta forma, en el DCU, los prototipos son más que simples demostraciones del producto, se utilizan para escuchar las impresiones de los usuarios para posteriormente tenerse en cuenta en los ajustes al diseño del sistema.³⁹

5.5 EVALUACIÓN

La fase evaluación es fundamental para la obtención de sistemas usables y accesibles dentro el contexto del MPlu+a. Aquí, se aplicarán las técnicas necesarias para obtener retroalimentación por parte de los usuarios,

³⁹ ISO/TC 159/SC 4. Human-centred design for interactive systems. En: ISO 13407:1999. 1 ed. 9 p.

evaluadores y expertos, este procedimiento se verá reflejado en la evolución en el diseño del sistema.

A priori, debido a que se tiene proyectado que el sistema cuente con una variedad de funcionalidades, se deben buscar métodos evaluación que cubran en su totalidad ese número y eviten pasar por alto de lo que realmente se quiere evaluar. Para esto es recomendable el uso del método de experimentos formales, este método permite evaluar funcionalidades específicas de una aplicación, ya que se asegura la evaluación basada en la experiencia y en la observación de los hechos sobre lo deseado mediante una lista de tareas diseñada especialmente para ello.⁴⁰

Adicionalmente, es recomendable utilizar técnicas de interrogación. La idea de estas técnicas es captar información subjetiva acerca del sistema que se está evaluando. Se puede realizar mediante cuestionarios o entrevistas.

5.6 LANZAMIENTO

En esta fase deberá comprobarse que se ha conseguido la aceptabilidad del sistema, la cual, según Jakob Nielsen,⁴¹ se consigue mediante una combinación entre su aceptabilidad social y su aceptabilidad práctica.

⁴⁰ SOLANO ALEGRÍA, Andrés Fernando y CARDONA QUIROZ, Jesús David. Evaluación colaborativa de la usabilidad en el desarrollo de sistemas software interactivos [en línea]. 1 ed. Cali, Colombia. 2016. [Consultado: 04 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://afly.co/jjk2>

⁴¹ NIELSEN, Jakob. Usability Engineering [en línea]. 1 ed. Estados Unidos: Morgan Kaufmann, 1993. [Consultado: 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2RQg6yS>

6 DESARROLLO, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se consolida la aplicación de la metodología para materializar los objetivos del proyecto. Al tratarse de una metodología iterativa, se explicarán los resultados en cada fase según la iteración, en total se realizaron 3 iteraciones para llevar a cabo el proyecto.

Para la correcta lectura del documento, se debe tener en cuenta que en cada iteración se llevan a cabo todas las fases de la metodología, sin embargo, para su consigna, se explican los resultados obtenidos en cada fase tras cada iteración.

6.1 ANÁLISIS

En esta fase se realizó el proceso de indagación sobre los estudiantes de ASM con la intención de plantear una caracterización de los mismos a partir de aspectos sociales, económicos y conceptuales, además, se definió el entorno de trabajo para el despliegue del sistema.

Dada una primera necesidad planteada por el docente de ASM sobre la búsqueda de una herramienta tecnológica que permitiera constituir una guía de aprendizaje conceptual para sus estudiantes dentro del marco del curso, se inició con un proceso de indagación del contexto y de los mismos estudiantes quienes posteriormente serían definidos como el usuario final de dicha herramienta deseada. En la **Iteración 1 (i1)** de esta fase se llevó a cabo la organización y el análisis de un banco de datos, proveído por el docente, en donde se recopila información pertinente sobre los estudiantes de la asignatura. La naturaleza del medio de captura de estos datos fue a través de encuestas a diversos cursos en los primeros días de cada semestre, en este caso fueron 3 periodos académicos (2018-01, 2018-03 y 2019-01), esta información estaba planteada desde una línea de aspectos demográficos, por lo tanto, fue necesario fabricar una entrevista (ver anexo A) para terminar de capturar datos que ofrecieran subjetividad sobre la visión del curso, es decir, datos sobre el curso desde la perspectiva de los estudiantes que ya habían pasado el curso, se encontraban pasándolo o aún no lo habían pasado; que luego se convertirían en un insumo.

Las salidas de esta i1, que se convirtieron en los prototipos para evaluar la etapa, fueron entonces: (1) perfil de usuario, (2) mapa de empatía, (3) lista de necesidades del usuario, (4) listado de requerimientos funcionales, y (5) listado de requerimientos no funcionales.

La **Iteración 2 (i2)** fue el espacio para la corrección y refinación de las salidas mencionadas en la i1, este proceso se realizó con el acompañamiento del

docente. Además, se trabajaron nuevos artefactos para terminar de consolidar la información recolectada del contexto y las primeras expresiones, ideas y concepciones de la propuesta de valor, estos prototipos fueron: (6) cuadro de espacios de intervención, (7) listado de StakeHolders, (8) canvas de proposición de valor, (9) listado de casos de uso y los (10) diagramas de los casos de uso.

Finalmente, en la **Iteración 3 (i3)** exclusivamente se revisan los prototipos de las iteraciones anteriores y se refinan para dejarlos en su versión final. Los resultados de cada prototipo se pueden visualizar a continuación.

6.1.1 Perfil de Usuario

Al igual que con la detección del problema, para determinar el perfil del usuario se llevó a cabo el análisis de un conjunto de datos demográficos, psicográficos y conductuales recolectados por el docente. Además, los datos han sido contrastados y complementados con los resultados de perfiles de usuario construidos previamente por Ingenieros Multimedia con proyectos de grado orientados al mismo público, ver figura 9.

Figura 9. Perfil del Estudiante - Demografía



Fuente: Elaboración propia

6.1.1.1 Aspectos Demográficos

La información demográfica recolectada permite evidenciar que la mayoría (87%) de los estudiantes de ASM son hombres, viven en Cali con un estrato socio-económico entre 3 y 4, se encuentran entre 5to y 6to semestre, tienen entre 18 y 20 años (RNF_14), son solteros, el 100% cuenta con teléfonos móviles (RNF_09) los cuales, a su vez, cuentan con al menos procesadores de 2 núcleos y 1GB de RAM. El 70,27% posee dispositivos con procesadores de

hasta 8 núcleos, y el 83,78% posee dispositivos con 2 GB de RAM o más. Por otro lado, el 89.2% cuenta con computadores de gama media a alta, están dotados de procesadores que van desde los Intel CORE i3 U a los Intel CORE i7 HQ y en referencias AMD equivalentes, algunos poseen tarjeta gráfica independiente y todos tienen una capacidad de memoria RAM de 4 GB o superior. Además de esto, el 100% de los estudiantes cuentan con Internet en su casa, pero sólo el 62,16% posee plan de datos móvil

6.1.1.2 Aspectos Psicográficos

El 100% de los estudiantes afirman haber tenido contacto con tecnologías de Realidad Aumentada y Realidad Virtual, se encuentran motivados con la tecnología y sus aplicaciones. Por otro lado, el mismo porcentaje evidencia alto interés por recibir una buena remuneración económica al culminar el pregrado.

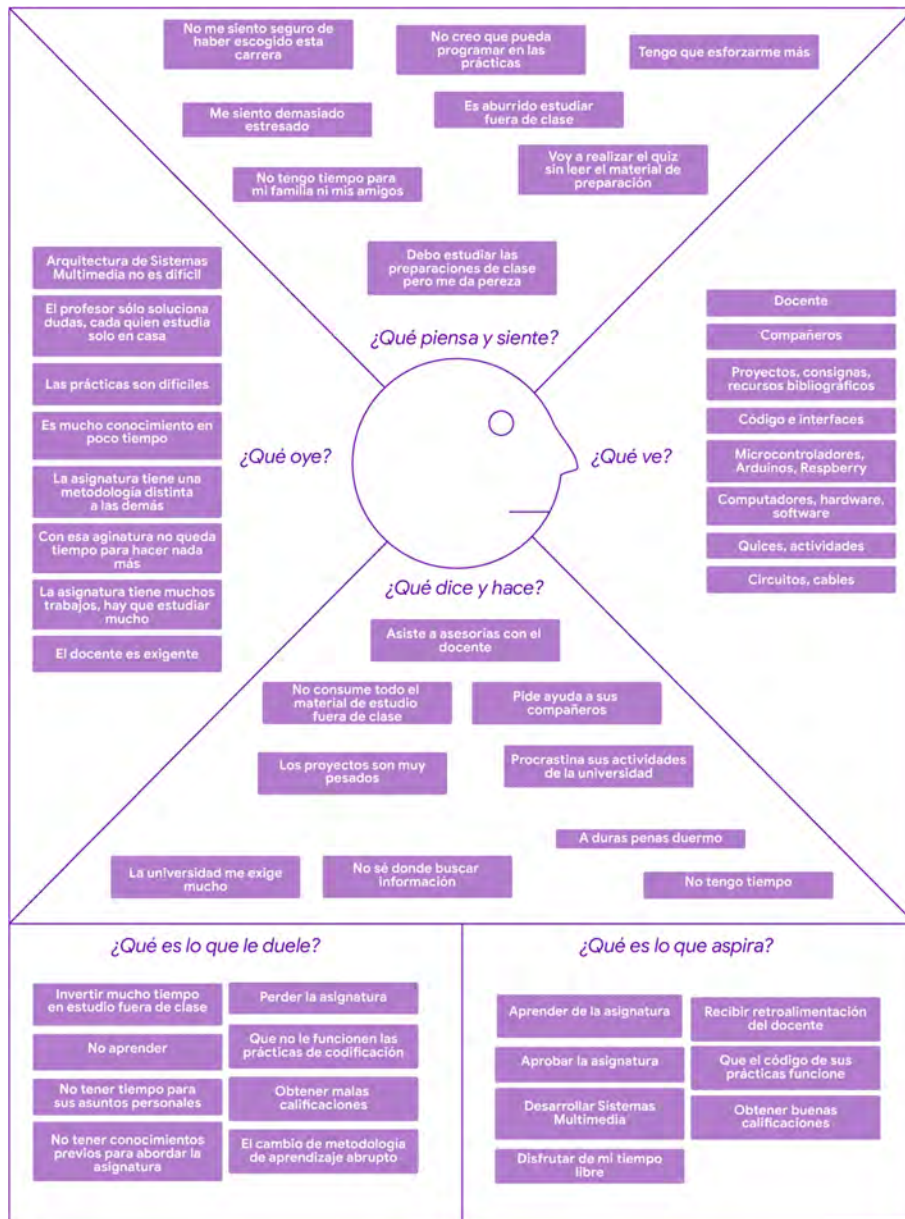
6.1.1.3 Aspectos conductuales

Los estudiantes manifiestan agrado por la metodología de la asignatura, la cual implementa un enfoque de aula invertida y fomenta el aprendizaje autónomo, a pesar de que es disruptiva en relación con las demás que se han cursado previamente, sin embargo, manifiestan que el grado de dificultad también es más alto que el de las asignaturas previas. Algunas de sus opiniones se pueden ver consignadas en el mapa de empatía de la figura 10.

6.1.2 Mapa de Empatía

Para la concepción y mapeo claros de la subjetividad de los estudiantes se decidió utilizar los resultados de las preguntas de la entrevista compartidas en el anexo A para plantear el mapa de empatía, ver figura 10.

Figura 10. Mapa de Empatía



Fuente: Elaboración propia.

Entre la información que constituye el mapa de empatía se pueden encontrar manifestaciones que permiten comprender la percepción de los estudiantes con respecto a la asignatura, y otras que apuntan directamente a la experiencia de estos con el programa del pregrado. Se puede observar un factor común entre lo que sienten, ven, oyen, dicen y piensan que consiste en la apreciación de que el grado de dificultad y volumen de trabajo incrementan con la metodología de aprendizaje activo implementada en la materia, así mismo existen apreciaciones desde lo que el estudiante hace, piensa y le duele que apuntan a la carencia de tiempo de los mismos para el abordaje de las asignaciones y desconocimiento del cómo proceder

con los mismos, lo cual podría generar desconcierto y continuar afectando la percepción de los mismos sobre la asignatura, No obstante existen manifestaciones de sus aspiraciones que reflejan el interés por culminar exitosamente los deberes de la asignatura pero están más enfocado en la aprobación que en el aprendizaje.

6.1.3 Espacios de Intervención

En el Cuadro 1 se puede encontrar la especificación de los diferentes espacios determinados como posibles entornos de despliegue del sistema, es decir, el contexto en que los estudiantes se encuentran cuando hacen uso de él. En general, los espacios comparten un par de condiciones específicas; una de ellas es contar con una superficie plana para el soporte de los elementos físicos utilizados en el sistema y, la segunda, se trata de la iluminación del lugar, pues debe contar con buena luz el escenario de intervención, dado que la tecnología utilizada es RA como se podrá ver detallado en las otras fases más adelante.

Cuadro 1. Descripción espacios de intervención

Nombre del entorno	Usuarios potenciales	Actividades normalmente realizadas	Elementos del entorno	Servicios disponibles
Casa del estudiante	Estudiantes de ASM	-Estudiar -Hacer trabajos -Ver televisión -Comer -Dormir	El despliegue de la experiencia se llevará a cabo en una superficie plana, lo que alude a una mesa o un escritorio, el estudiante se encuentra sentado, por lo tanto, utilizará una silla. Estos elementos se pueden encontrar en diferentes espacios de un hogar. El sitio cuenta con buena iluminación, bien sea natural o artificial, para la correcta lectura de los marcadores. El escenario es cerrado y el nivel de ruido es mínimo.	-Acceso a Internet -Equipo de computo -Teléfono inteligente -Televisor inteligente -otros.

Cuadro 1. (continuación)

Nombre del entorno	Usuarios potenciales	Actividades normalmente realizadas	Elementos del entorno	Servicios disponibles
InfoLab	Estudiantes de ASM	-Recibir clases -Realizar trabajos -Solicitar equipos de cómputo y redes y telecomunicaciones	El InfoLab cuenta con mesas y sillas, tanto en cada laboratorio en su interior como en el pasillo. La experiencia se puede desplegar en el lugar que se desee y sea permitido, la iluminación es aceptable. Es un escenario que puede presentar un nivel de ruido medio-alto.	- Préstamo de computadores. - Laboratorios y salones para clase. - Pantalla interactiva. - Espacio adaptado con zonas de estudio. - Préstamo de Hardware para red. - Otros.
Biblioteca	Estudiantes de ASM	-Estudiar -Leer libros -Ver películas -Solicitar fuentes bibliográficas -Asesorarse sobre comunicación escrita	La biblioteca ofrece diversos espacios de estudio con mesas y sillas, además de una buena iluminación. Es un sitio que puede presentar un nivel de ruido medio.	- Préstamo de libros. - Atención del CELEE. - Préstamo de computadores. - Cubículos de estudio para grupos, parejas o individuales. - Préstamo de bibliografía en formato digital (CD, Memorias). - Acceso a fuentes de recursos bibliográficos WEB, como bases de datos científicas. - Otros.
Aulas	Estudiantes de ASM	-Recibir clases -Realizar trabajos	Las aulas de clase de la Universidad Autónoma de Occidente cuentan con múltiples pupitres para los estudiantes, además de contar con buena iluminación y cortinas que permiten variar la misma. Además, cuenta con una mesa y un computador de escritorio para el docente, además de tablero y video proyector	-Proyección - Acceso a internet. - Ofimática. - Otros.

6.1.4 Requerimientos

Luego de la definición del perfil del estudiante y el contexto en el que se desenvuelve, se procedió a determinar el conjunto de requerimientos funcionales y no funcionales presentados a continuación.

6.1.4.1 Necesidades

Las necesidades expuestas por los estudiantes de ASM se vieron resumidas de la siguiente manera:

- El usuario necesita motivarse para la adquisición de los temas.
- El usuario necesita acceder a los contenidos de la asignatura en cualquier momento.
- El usuario necesita ser guiado sobre los contenidos de la asignatura.

6.1.4.2 Requerimientos Funcionales

RF_01: El sistema debe permitir al usuario ingresar a la experiencia con sus credenciales. Las credenciales de acceso son su correo institucional y contraseña.

RF_02: El sistema debe permitir al usuario consultar el nombre de la asignatura.

RF_03: El sistema debe permitir al usuario cambiar entre los contenidos disponibles de la experiencia.

RF_04: El sistema debe permitir al usuario recibir una sugerencia sobre el próximo contenido a consumir en relación con su camino de aprendizaje.

RF_05: El sistema debe permitir al usuario consultar documentos de texto PDF.

RF_06: El sistema debe permitir al usuario consultar contenido audiovisual.

RF_07: El sistema debe permitir al usuario consultar material de fuentes web externas.

RF_08: El sistema debe permitir al usuario consultar contenido 3D en xR.

RF_09: El sistema debe permitir al usuario consultar los nombres de los módulos de cada asignatura.

RF_10: El sistema debe permitir al usuario consultar las actividades de tipo material (preparación de clase) de cada módulo.

RF_11: El sistema debe permitir al usuario consultar las actividades de tipo evaluación (quiz) de cada módulo.

RF_12: El sistema debe permitir al usuario configurar un conjunto de opciones para responder a preguntas de ordenamiento.

6.1.4.3 Requerimientos No Funcionales

RNF_01: El sistema debe ser implementado con herramientas de código libre.

RNF_02: El sistema deberá hacer uso de un head-mounted display (HMD) tipo CardBoard.

RNF_03: El sistema debe almacenar la información en una base de datos relacional.

RNF_04: El sistema debe desplegarse en plataformas Web para el acceso desde diferentes dispositivos.

RNF_05: El sistema debe representar la información de los contenidos a través de diferentes formatos. Los formatos son: imagen, PDF, video, audio y objetos 3D.

RNF_06: El sistema deberá ser compatible con dispositivos móviles Android 4.0 o superior.

RNF_07: El sistema deberá ser compatible con dispositivos móviles que cuenten con cámara de 5Mpx o superior.

RNF_08: El sistema deberá ser compatible con dispositivos que cuenten con conexión a internet de 5 Mbps o superior.

RNF_09: El sistema deberá ser portable para su uso en los diferentes espacios de intervención.

RNF_10: El sistema deberá ser compatible con dispositivos móviles de 4 pulgadas o superior.

RNF_11: El sistema deberá ser compatible con dispositivos móviles que cuenten con resolución de pantalla VGA (480x640) o superior.

RNF_12: El sistema deberá ser compatible con dispositivos móviles que cuenten con procesadores de 2 núcleos o más.

RNF_13: El sistema deberá ser compatible con dispositivos móviles que cuenten con 1GB de RAM o más.

RNF_14: El sistema deberá ser diseñado para usuarios entre 18 - 20 años.

RNF_15: El sistema deberá ser escalable tanto en capacidad (Vertical) como en funcionalidades (Horizontal).

RNF_16: El sistema deberá ser diseñado para utilizarse en una superficie plana.

RNF_17: El sistema deberá tener un costo menor a 50.000COP.

RNF_18: El sistema deberá ser desarrollado para teléfonos inteligentes.

RNF_19: El sistema deberá hacer uso de la cámara para escanear los marcadores.

6.1.5 Stakeholders y Actores

A continuación, se pueden ver detallados los Stakeholders y Actores del sistema en el Cuadro 2, como actores y/o stakeholders primarios encontramos a los estudiantes de ASM y al docente, dado que son ellos los usuarios finales del sistema. El docente se beneficia en la medida en que Violet xR puede ser una de sus herramientas de apoyo para promover el aprendizaje autónomo, mientras los estudiantes, al utilizarla, consiguen acercarse al conocimiento teórico a través de una nueva alternativa en diferentes formatos.

Cuadro 2. Stakeholders y Actores

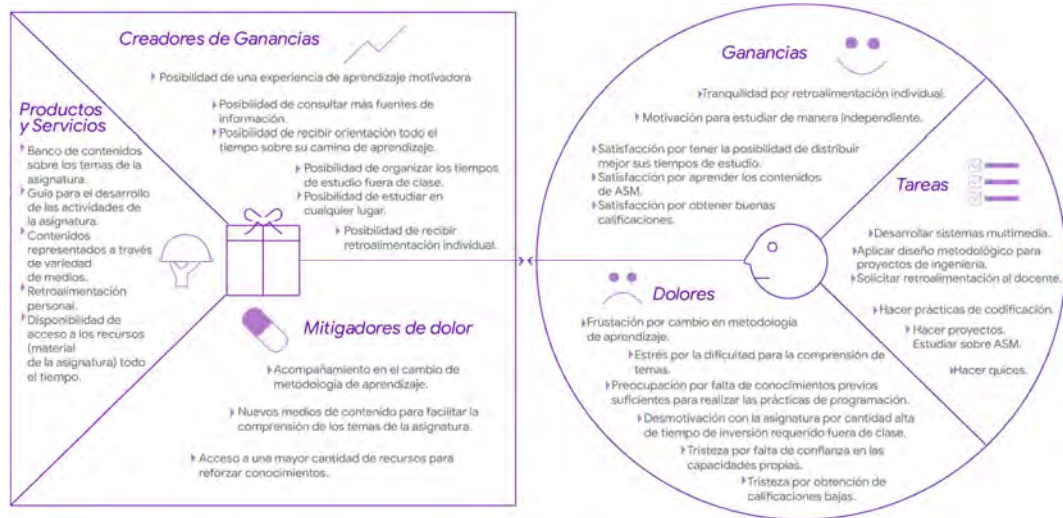
Tipo	Nombre	Descripción	Interés
Primario (Actor)	Estudiante del curso	Pertenecientes al programa de Ingeniería Multimedia y se encuentran cursando actualmente la asignatura de Arquitectura de Sistemas Multimedia de la Universidad Autónoma de Occidente.	Motivarse a llevar a cabo la totalidad de su camino de aprendizaje de la asignatura. Aprender todo el conocimiento que hace parte de la asignatura.
Primario (Actor)	Docente del curso	Docente actual de la asignatura de Arquitectura de Sistemas Multimedia de la Universidad Autónoma de Occidente.	Tener una estrategia que fomente el aprendizaje autónomo al tiempo que motiva a sus estudiantes a aprender de la asignatura.
Secundario	Estudiante de la UAO	Quienes se encuentren cursando otras asignaturas, pertenecientes a cualquier programa académico de la Universidad Autónoma de Occidente.	Participación futura para adquirir conocimientos diversos (de otras asignaturas) mediante la experiencia.
Secundario	Docente de la UAO	Docentes de otras asignaturas de la Universidad Autónoma de Occidente.	Uso futuro para gestionar conocimientos diversos y motivar a sus estudiantes mediante la experiencia.
Secundario	CIT	Funcionarios del Centro de Innovación Tecnológica de la Universidad Autónoma de Occidente	Implementación estratégica de la solución, como herramienta innovadora para la transmisión y gestión del conocimiento de otras asignaturas.

Por otro lado, los beneficiarios secundarios son: los docentes de otras asignaturas, estudiantes de IM que aún no cursan ASM y los funcionarios del Centro de Innovación Tecnológica (CIT) quienes pueden ver en Violet xR una oportunidad de implementación en diferentes medidas; los docentes para brindar nuevas herramientas a sus estudiantes, el CIT para estudiar la posibilidad de llevar el xR a las herramientas tecnológicas de estudio y los estudiantes para explorar otros medios de aprendizaje.

6.1.6 Canvas de Proposición de Valor

Para la concepción del concepto del diseño del sistema se llevó a cabo la construcción de un Canvas de Proposición de Valor en donde se procuró modelar el contraste entre las necesidades del usuario y la propuesta de valor que ofrecería Violet xR para su satisfacción, ver figura 11.

Figura 11. Canvas de Proposición de Valor



Fuente: Elaboración propia.

6.1.7 Casos de Uso

Luego de tener un consolidado de los requerimientos funcionales listados y los Stakeholders, se especificaron las actividades que realizarían los usuarios (estudiantes) con Violet xR, esto a través de los Casos de Uso. Es relevante mencionar que en la constitución de los actores se tuvo en cuenta al estudiante como usuario, además, se incluyó como actores del sistema a un servicio de Google (API) para la autenticación de los usuarios y a la propia base de datos del sistema, donde se tendrían todos los contenidos; Estos se podrán ver reflejados en la fase de diseño.

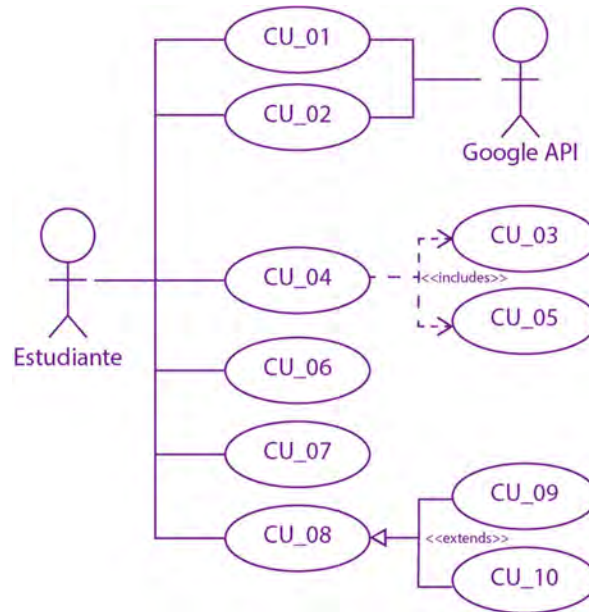
En la figura 12, se puede ver uno de los diagramas de Casos de Uso, en el anexo B se encontrarán en su totalidad acompañados por las tablas.

Listado de Casos de Uso:

- CU_01 Iniciar sesión
- CU_02 Cerrar sesión
- CU_03 Crear camino de aprendizaje del estudiante
- CU_04 Consultar camino de aprendizaje del estudiante
- CU_05 Actualizar camino de aprendizaje del estudiante
- CU_06 Consultar asignaturas inscritas
- CU_07 Consultar un módulo de una asignatura
- CU_08 Consultar actividad de un módulo
- CU_09 Consultar Material
- CU_10 Realizar Evaluación

La concepción del sistema como una solución escalable ha llevado a identificar la pertinencia de construir bases que permitan garantizar la ampliación de este como lo es el manejo de contenidos de diferentes cursos o asignaturas por lo cual tanto en el caso de uso CU_06 como en el modelo entidad relación (ver sección 6.2.2.5) se da apertura a la implementación de Violet xR en diferentes contextos.

Figura 12. Diagrama de Casos de Uso



Fuente: Elaboración propia.

6.2 DISEÑO

En esta fase se realizaron tanto el proceso de caracterización de la asignatura ASM como de los insumos técnicos y visuales que dan estructura a la experiencia alineándose con las salidas de la fase de Análisis.

El punto de partida de la i1 de la fase de diseño fue la definición del curso de ASM con la intención de empezar a aterrizar y modelar el contenido teórico del mismo, antes de pensar en cómo integrarlo con Violet xR, pues este sería insumo de los demás entregables que se podrán observar en la i2 ya que le aportan sentido lógico al diseño del sistema. Como primera medida, se construyó un (1) modelo de conceptos de ASM seguido de un (2) modelo del curso y una primera versión de un posible (3) camino de aprendizaje para los estudiantes. Además, se inició con el trabajo de diseño de los primeros componentes del sistema, entre estos; la (4) arquitectura del mismo, el (5) diseño del avatar o agente pedagógico y la (6) selección de tecnologías, tanto para la implementación del sistema como las de gestión del proyecto (versionamiento del código y la documentación).

Durante la i2 se hicieron las correcciones pertinentes de los entregables evaluados en la i1 con ayuda del docente de la asignatura; adicionalmente, se establecieron: el (7) modelo entidad-relación (MER) de los datos, el (8) diseño de la interfaz de usuario (UI, por sus siglas en inglés) de la plataforma Web. Por otro lado, se llevó a cabo un gráfico del (9) flujo de navegación, un (10) Storyboard, un (11) diagrama de despliegue, la primera versión del (12) diseño de los marcadores y la (13) propuesta de interacción con el sistema.

En la i3 se destinaron esfuerzos para la corrección de todos los entregables que se construyeron a lo largo de las dos interacciones anteriores. A continuación, se pueden observar los detalles de los prototipos mencionados que fueron producto de esta fase del proyecto.

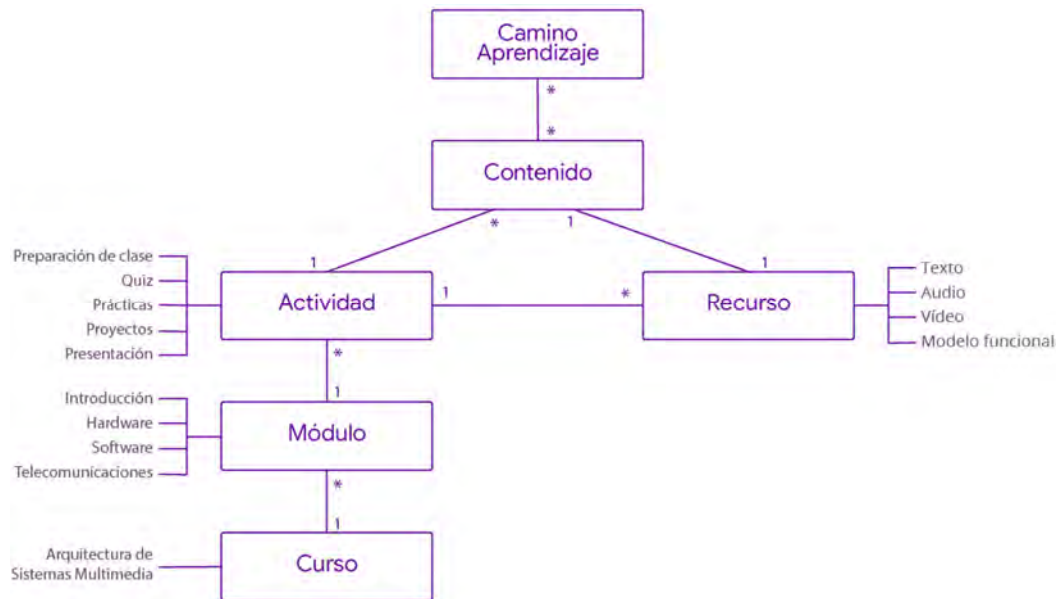
6.2.1 Arquitectura del curso

El primer paso en la fase de diseño fue plantear la arquitectura actual que tenía el curso de ASM, lo que permitió generar las relaciones entre el contenido de la asignatura y la intervención de Violet xR en la misma, este diseño consistió en realizar un modelo del curso, un modelo del camino de aprendizaje de los estudiantes y un modelo entidad relación del contenido académico.

6.2.1.1 Modelo de Curso

Este diagrama permite determinar los componentes del curso de ASM y la relación entre ellos, este se puede observar en la figura 13.

Figura 13. Modelo de Curso



Fuente: Elaboración propia.

- **Curso:** Específicamente es el curso de Arquitectura de Sistemas Multimedia como plan académico para estudiantes de Ingeniería Multimedia.
- **Camino de Aprendizaje:** Se refiere al recorrido trazado de los estudiantes a través de cada uno de los contenidos del curso, es decir, la secuencia lógica sobre la cual va el estudiante, su paso de módulo por módulo y su contacto con el conocimiento. Es este camino el que le da sentido al aprendizaje, existen plantillas definidas, pero Violet xR pretende dar un grado de libertad al estudiante durante su paso por la asignatura, es decir, cada estudiante puede modificar esa plantilla, partiendo de ella y haciendo su propio camino de aprendizaje.
- **Contenido:** Se refiere a la relación misma que existe entre cada actividad del curso y los recursos necesarios para llevarla a cabo.
- **Actividad:** Es un ejercicio teórico o práctico propuesto por el docente para la transmisión, práctica y/o evaluación de un conocimiento específico de un módulo. Estas actividades pueden ser; una preparación de clase (material de estudio), un quiz, una práctica de programación, un proyecto de aplicación de conocimientos o una presentación de los resultados de un proyecto planteado previamente.

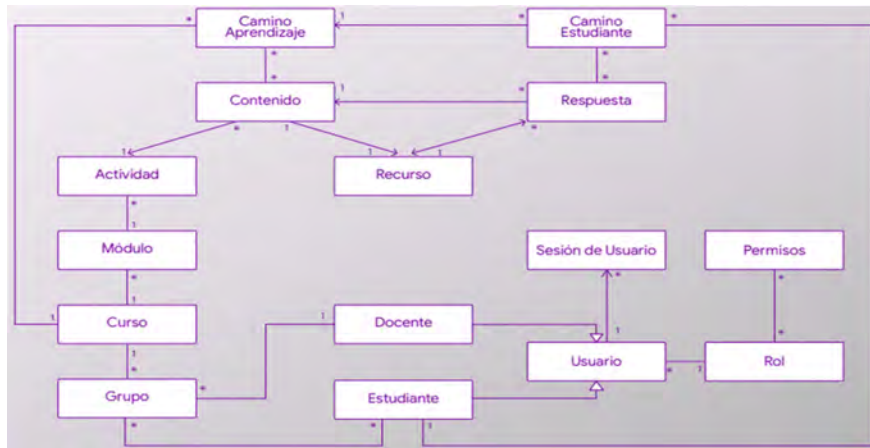
- **Recurso:** Son aquellas entradas o salidas que materializan una actividad, los medios en los que puede entregarse un recurso son; texto, audio, video, link de redirección a página web y/o modelo funcional.
- **Módulo:** Es un conjunto de conocimientos que contempla un grupo de actividades dentro del curso, los módulos actuales dentro de ASM son; Introducción a Sistemas Multimedia, Hardware en un Sistema Multimedia, Software en un Sistema Multimedia y Telecomunicaciones en un Sistema Multimedia.

6.2.1.2 Modelo de Conceptos

El modelo de conceptos parte del modelo de curso y anexa unos nuevos componentes que le dan sentido a la concepción del sistema, puede ser observado en la figura 14. Estos nuevos conceptos que se pueden observar en el modelo son los siguientes:

- **Grupo:** Se refiere inmediatamente a la instancia de la asignatura de ASM, es decir, cuando se encuentra matriculada en un periodo académico específico y tiene asignado sus respectivos estudiantes y docente.
- **Docente:** Facilitador del conocimiento del plan de estudios de ASM.
- **Usuario:** Es la figura del docente o estudiante que se da cuando se ven como parte del sistema, pues son quienes lo usarán.
- **Sesión de Usuario:** Es la instancia de la comunicación y la información que se establece entre el usuario y el sistema.
- **Rol:** Describe las funciones que tiene un usuario sobre el sistema.
- **Permisos:** Es la instancia lógica de las funciones que se asignan a un rol para su ejecución dentro del sistema.
- **Camino de Estudiante:** Es directamente la instancia de un camino de aprendizaje base (plantilla) que pertenece a un estudiante, se ve modificado por las acciones de este último y su consumo de contenidos a través del curso. Además, está relacionado directamente con las respuestas que el estudiante asigna a cada una de las actividades de tipo Quiz.

Figura 14. Modelo de Conceptos.



Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que en este diagrama vemos un mapeo del papel del docente sobre el sistema, quien básicamente es un usuario desde la parte administrativa del sistema (Gestión de Bases de Datos, Gestión del Contenido Multimedia y Gestión de Usuarios); no hace parte del alcance del proyecto la construcción de interfaces o servicios específicos para estas funciones, por lo tanto, estas actividades de administración no fueron consideradas en el marco del diseño y desarrollo de Violet xR, en cambio, los esfuerzos estuvieron dirigidos en el cliente para los estudiantes.

6.2.1.3 Camino de Aprendizaje

El Camino de Aprendizaje es una construcción gráfica que modela todo el contenido académico que brinda el docente en la asignatura de ASM durante un periodo académico específico, además de plantear los espacios y los medios de interacción entre el docente, el estudiante y el conocimiento. Este conocimiento se encuentra segmentado en 4 módulos actualmente (Introducción, Hardware, Software y Telecomunicaciones). Cada uno de estos módulos contempla un conjunto de temas específicos, además, existen 5 tipos de actividades que le dan sentido a la adquisición del conocimiento, estas actividades se realizan en ciclo por cada tema específico:

- **Preparación de Clase:** Refiere a la disposición de un material de estudio, por parte del docente para el estudiante, según el tema específico del módulo actual con el cual se pretende que se realice un estudio autónomo.
- **Quiz:** Medio con el que se evalúa el conocimiento adquirido en la “Preparación de Clase”.

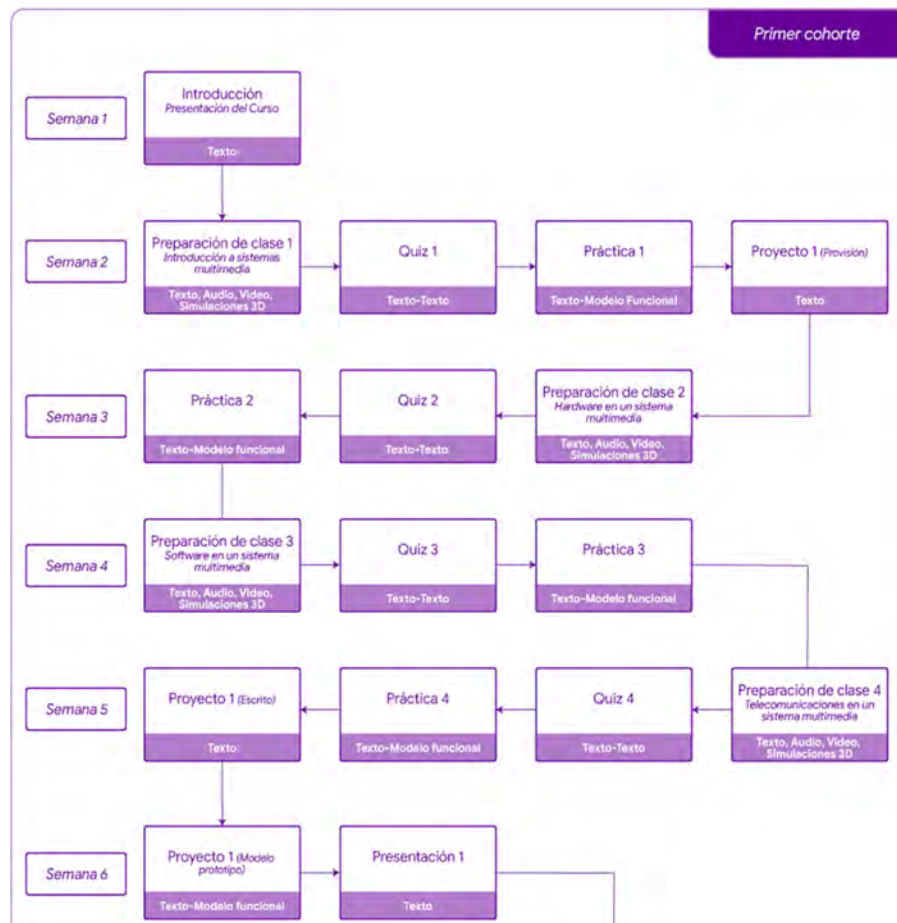
- **Práctica:** Es una demostración, generalmente de programación, que deben realizar en clase los estudiantes sobre un tema específico del módulo actual.
- **Proyecto:** Se refiere a un ejercicio que consolida la aplicación del conocimiento adquirido en el módulo actual sobre la arquitectura de sistemas multimedia, generalmente se realizan 3 proyectos en cada curso.
- **Presentación:** Seguido a cada elaboración del proyecto, se da un espacio para la presentación del mismo donde se expone la experiencia y los resultados.

A continuación, un listado de cada módulo y sus temas específicos:

- **Introducción**
 - Introducción a Sistemas Multimedia
- **Software**
 - Software en un Sistema Multimedia
 - Elemento Sistema Operativo
 - Elemento Aplicaciones
- **Hardware**
 - Hardware en un Sistema Multimedia
 - Elemento Memoria
 - Elemento CPU
 - Elemento GPU
- **Telecomunicaciones**
 - Telecomunicaciones en un Sistema Multimedia
 - Elementos Transporte y Red
 - Elementos Enlace de Datos y Físico
 - Elementos Aplicación, Presentación y Sesión

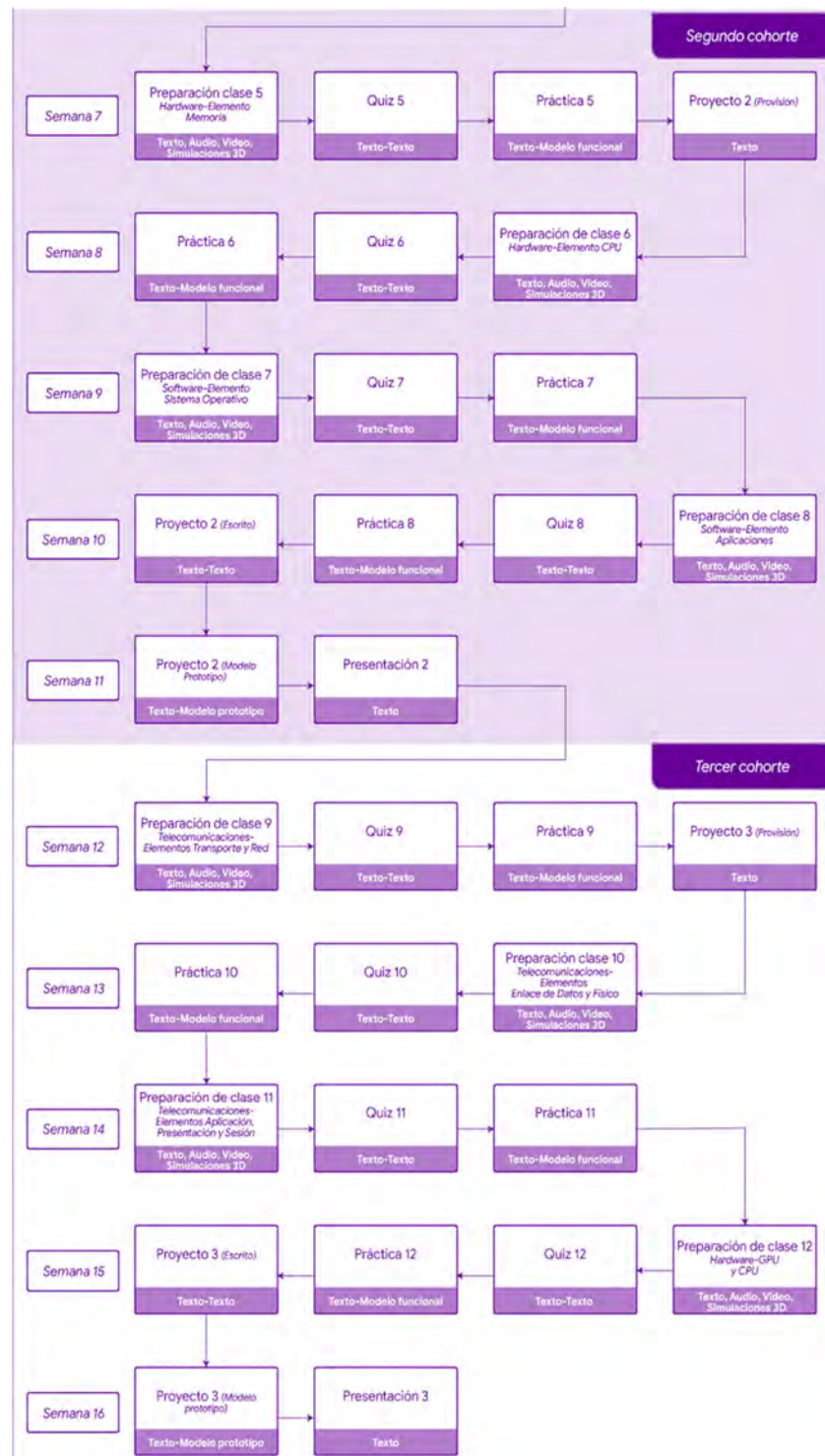
En la figura 15 se puede observar un Camino de Aprendizaje base o plantilla que puede tomar un estudiante durante el periodo que dura la asignatura.

Figura 15. Camino de Aprendizaje (primer cohorte)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. (continuación)



Fuente: Elaboración propia.

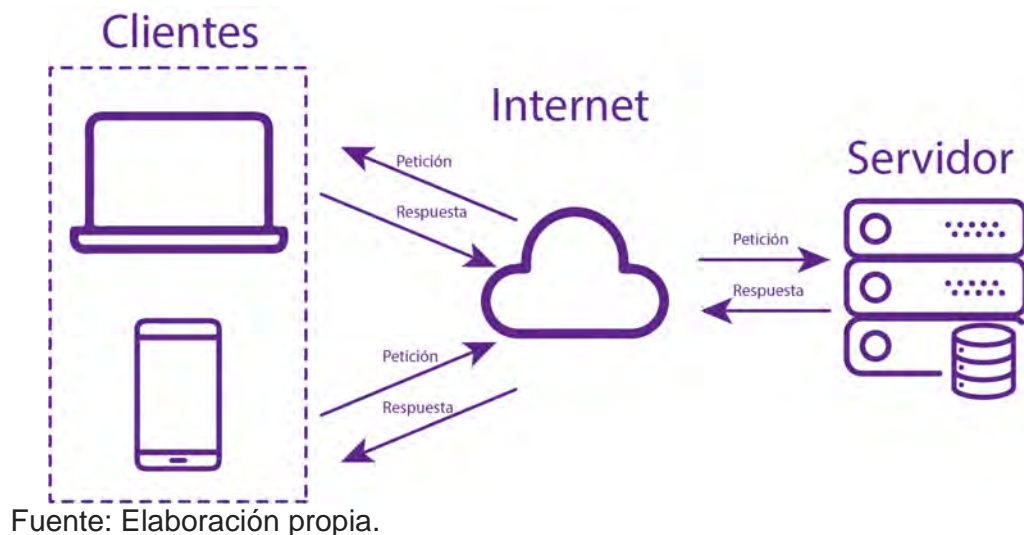
6.2.2 Violet xR

Luego de tener la arquitectura del curso especificada, se concibió el diseño general de Violet xR, la solución se planteó entonces como un personaje virtual que acompañaría al alumno a través de su camino de aprendizaje, este camino es invisible para él en el aplicativo pues se trata de la estructura lógica del consumo del contenido y parte de una plantilla predeterminada por el sistema, sin embargo, el estudiante tiene la libertad de seguir o no la plantilla, realizando los módulos en el orden deseado, modificando su camino propio de aprendizaje y dando lugar al Aprendizaje Activo. No obstante, cuando el estudiante quisiera ser aconsejado por Violet podría ser asistido para recibir sugerencia del próximo contenido a consumir, la cual si se basa en la plantilla.

6.2.2.1 Arquitectura del Sistema

El sistema Violet xR está diseñado para mantener de manera simultánea los diferentes recursos que permiten el despliegue del contenido en xR dentro de la aplicación, además de proveer la base para la comunicación de diferentes clientes que se alimentan de la información centralizada en dicho sistema permitiendo escalabilidad. Con este propósito, es necesario establecer una arquitectura fundamentada en el Modelo cliente-servidor de forma que Violet xR se construye como una aplicación compuesta de un cliente (FrontEnd) que utilizará los servicios proveídos por el un servidor (BackEnd). La descripción gráfica puede observarse en la Figura 16.

Figura 16. Arquitectura del Sistema



Es importante detallar que para la construcción de un sistema multimedia que implementa tecnologías RA existen un conjunto de elementos que no pueden pasarse por alto sin entenderlos correctamente. Esta tecnología funciona a partir de un hardware que debe tener una cámara, un procesador, una pantalla, un software y una serie de marcadores o activadores; la cámara es el dispositivo que captura las imágenes del mundo real (RNF_19), el procesador es el componente que combina el fotograma capturado por la cámara y el elemento superpuesto, la pantalla permite visualizar esta superposición de un elemento sobre la imagen real, el software se encarga de gestionar todo el proceso y los marcadores son los elementos físicos que llevan consigo un código único entre ellos con el cual se puede activar la superposición del elemento a través de la lectura de cámara y el procesamiento del software de este código.

6.2.2.2 Avatar Agente Pedagógico

Violet fue diseñada bajo un conjunto de características definidas por un proceso de indagación que permitió determinar su esencia y aspecto visual basados en el InfoLab (Laboratorio de Informática de la Universidad Autónoma de Occidente), dado que es el espacio en el que los estudiantes de IM reciben las clases de ASM. Estos elementos se capturaron a partir de una encuesta realizada a los estudiantes del programa de diversos semestres, la encuesta utilizada contiene preguntas que pretenden definir desde el género del personaje hasta el estilo visual y las sensaciones percibidas por los estudiantes dentro del laboratorio en su día a día; puede observarse esta encuesta a detalle en el anexo C, mientras tanto, su nombre fue tomado de un proyecto que se venía construyendo por parte del docente de ASM sobre otras herramientas educativas para su curso. Los resultados se pueden visualizar en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados de Encuesta de Atributos de Avatar.

Atributos de Diseño	
Tipo	Humano
Nombre	Violet
Género	Mujer
Raza	Caucásico/Mediterráneo
Edad	28
Estilo	Cartoon, Futurista
Ocupación	Profesional
Otros	Cabello Violeta

Violet entonces fue definida como un avatar humano femenino, de género mujer, con una raza caucásica/mediterránea, una edad de 28 años aproximadamente, con

estilo futurista y cartoon, además de una conducta que refleje profesionalismo y madurez, su cabello como característica física más relevante es de color violeta. El método 100:10:1 fue adaptado para la definición del estilo visual final de Violet, se utilizaron 50 personajes de referencia que se acercaban al perfil definido por los atributos recolectados en la encuesta, de estos personajes se eligieron 5 para tomar características a integrar en Violet, estos personajes pueden observarse en el anexo D.

En adición, investigaciones realizadas sobre la influencia de estos personajes virtuales en el aprendizaje se encontró una preferencia por el género femenino⁴² (lo cual coincide con la encuesta realizada en el grupo de ASM), además, se consideraron detalles que permitieran asegurar una aproximación a una expresión de empatía como son los ojos grandes y expresiones faciales amables.

Violet no tuvo etapas de boceto a lápiz, sin embargo, el paso por la fase de diseño se dio en un mayor grado directamente en 3D, ver figuras 17 y 18, se encuestó a los usuarios nuevamente sobre su opinión para la selección del aspecto visual de la misma. Las herramientas utilizadas para su diseño fueron Blender en su versión 2.79⁴³, con ayuda de un Add-on (Extensión que funciona como plugin para Blender) llamado Manuel Bastioni Lab (MB-Lab)⁴⁴ en su versión 1.6.5. Blender fue elegido por ser considerado una de las mejores herramientas para el diseño 3D preferida por muchos profesionales, además de contar con la característica de ser Open Source, lo que se alinea con el requerimiento RNF_01, ver figura 19, mientras MB-Lab permitió acercar el modelo a un aspecto humanoide realista, ver figura 20, además de proveer componentes de animación que se usarían posteriormente como la posibilidad de recrear gestos faciales y facilitar el movimiento corporal a partir de un sistema huesos estándar (esqueleto) que se encontraba correctamente configurado con las mayas de la piel, lo que permitió ahorrar tiempo en el diseño del personaje. Durante las etapas de implementación y evaluación se detallaron aspectos de rendimiento general del sistema (ligados al modelo) y limitaciones tecnológicas que condujeron al diseño a la necesidad de disminuir el realismo ver versión final en figura 21. Estos problemas de rendimiento se detallarán en la fase de implementación.

⁴² JOHNSON, Amy M, *et al.* Investigating the impact of pedagogical agent gender matching and learner choice on learning outcomes and perceptions. En: Computers & Education [en línea]. Science Direct, septiembre de 2013. vol. 67, p. 36-50. [Consultado: 13 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2PmJYRM>

⁴³ Blender, Blender 2.79 [sitio web]. (12 de septiembre de 2017. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/36Grn8S>

⁴⁴ Manuel Bastioni Lab, MB-Lab 1.6.5 [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: https://github.com/Yzubi/MB_LAB_165b

Figura 17. Violet Diseños 1



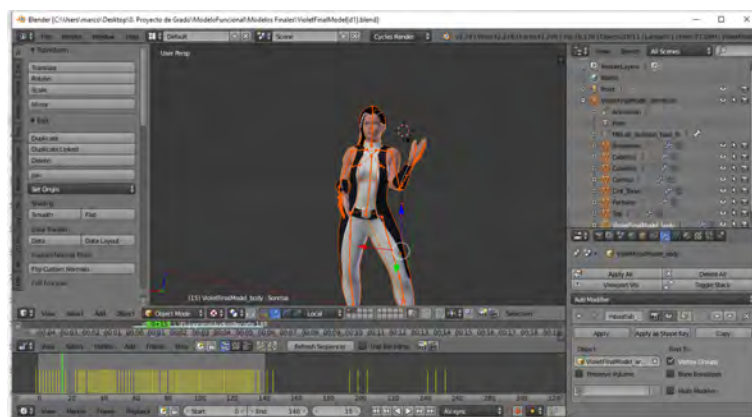
Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Violet Diseños 2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Diseñando a Violet en Blender 2.79



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. MB-Lab 1.6.5 en Blender



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Diseño Realista (izquierda) vs Diseño Final de Violet (derecha)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.3 Selección de Tecnologías y Herramientas

Para la selección de tecnologías y herramientas de desarrollo se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés)⁴⁵ como método de comparación, este proceso permite realizar una evaluación estructurada entre criterios y alternativas que permiten obtener un objetivo preciso. El proceso de selección se realizó tanto para la herramienta de desarrollo sobre la cual se

⁴⁵ SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. En: Mathematical Modelling [en línea]. Science Direct, mayo de 2002. vol. 9, p. 161-176. [Consultado: 13 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/36ECn6M>

construiría la experiencia en xR como para el framework sobre el que se escribiría el desarrollo Web.

Para realizar la comparación es necesario establecer una escala de comparación. El AHP define una escala evaluativa de 1 a 9 y sus recíprocos, donde cada valor define un grado de importancia. El cuadro 4 permite definir el grado de importancia asociado a cada valor numérico.

Cuadro 4. Escala Evaluativa AHP

Valor de Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos opciones contribuyen igual al objetivo.
3	Importancia Moderada	Ligeramente mayor importancia por una opción.
5	Importancia fuerte	Inclinación marcada por una opción respecto a la otra.
7	Importancia muy fuerte	Inclinación muy marcada por una opción respecto a la otra.
9	Importancia extrema	La evidencia de que una opción es mejor que la otra. Es la más alta posible.
2,4,6,8	Valores intermedios	Cuando la calificación se encuentra entre 2 valores.

Violet xR fue pensada como una aplicación que puede procesar y presentar contenido tridimensional o 3D, además de renderizar dicho contenido en cada fotograma capturado por una cámara (RNF_07) para dar lugar a una experiencia en realidad aumentada; por lo cual, se requirió especificar un conjunto de tecnologías sobre las cuales se pudieran realizar despliegues de este tipo de contenidos. El conjunto de criterios que se establecieron para su selección se puede observar en el cuadro 5, mientras los resultados del ejercicio de ponderación se pueden observar en el cuadro 6.

Cuadro 5. Criterios para la Selección de Herramientas del Componente de Despliegue de xR

N	Criterio	Descripción
1	Documentación	Información amplia y actualizada que permiten al desarrollador entender el funcionamiento, la utilización y los errores de la herramienta.
2	Soporte	Canales de comunicación o comunidad en actividad constante para la resolución de dudas ante inconvenientes o soluciones de dudas específicas.
3	Capacidades Realidad Aumentada	Características que mejoran la experiencia de realidad aumentada como la detección de superficies, las mejoras de estabilidad, entre otras.

Cuadro 5. (continuación)

N	Criterio	Descripción
4	Compatibilidad con Realidad Virtual Estereoscópica	Capacidad y facilidad de implementación del renderizado estereoscópico y la compatibilidad con diferentes dispositivos HMD.(RNF_02)
5	Compatibilidad con Android	Capacidad, rendimiento y facilidad de ejecución del aplicativo (construido con la herramienta) en dispositivos Android. (RNF_06).
6	Compatibilidad con IOS	Capacidad, rendimiento y facilidad de ejecución del aplicativo (construido con la herramienta) en dispositivos IOS.
7	Requerimientos Hardware	Restricciones de capacidad de cómputo desde el hardware para la ejecución del contenido, entre menor sean estas restricciones mayor puntaje asignado.
8	Libertad de Desarrollo	Carencia de limitaciones de desarrollo que permiten la flexibilidad en la construcción variada de nuevos componentes para el aplicativo.
9	Herramienta Libre (RNF_01)	Publicación total o parcial del código de la herramienta que le permiten ser considerada como una herramienta libre u OpenSource para su uso y distribución (no comercial).

Cuadro 6. Ponderación de Criterios para la Selección de Herramientas del Componente de Despliegue de xR

Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ponderación
1	1	4	1/3	1/4	1/3	4	1/6	4	1/5	7,23%
2	1/4	1	1/3	1/2	1/3	4	1/5	1/3	1/4	4,23%
3	6	3	1	3	1/5	5	1/5	2	1/3	10,63%
4	4	3	1/3	1	1/4	4	1/4	2	1/4	7,74%
5	3	1/4	5	4	1	3	2	3	1/2	17,69%
6	1/4	5	1/5	1/4	1/3	1	1/3	1/4	1/7	4,67%
7	6	3	5	4	1/2	3	1	4	2	20,72%
8	1/4	4	1/2	1/2	1/3	4	1/4	1	1/6	5,82%
9	5	4	3	4	2	7	1/2	6	1	21,26%
TOTAL	25,75	27,25	15,70	17,50	5,28	35,00	4,90	22,58	4,84	

El cuadro 7 permite observar la evaluación de consistencia⁴⁶ de la matriz de criterios. El valor propio es de 11,97, el índice de consistencia es de 0,12 y la ratio de consistencia de 8.25; este último al ser menor que 10 significa que la matriz es consistente y que las calificaciones otorgadas a los criterios se realizaron con pocas o nulas contradicciones.

⁴⁶ ALONSO, José Antonio y LAMATA, M. Teresa. CONSISTENCY IN THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS:A NEW APPROACH. En: International Journal of Uncertainty [en línea]. World Scientific, 2006. vol. 14 No 4, p. 445-459. [Consultado: 13 de agosto de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2Pr8wZG>

Cuadro 7. Evaluación de Consistencia

Valor Propio	11,96
Índice de Consistencia	0,12
Ratio de Consistencia	8,25

El conjunto de herramientas que soportan estas funciones y que fueron consideradas se pueden observar en el cuadro 8.

Cuadro 8. Herramientas para xR

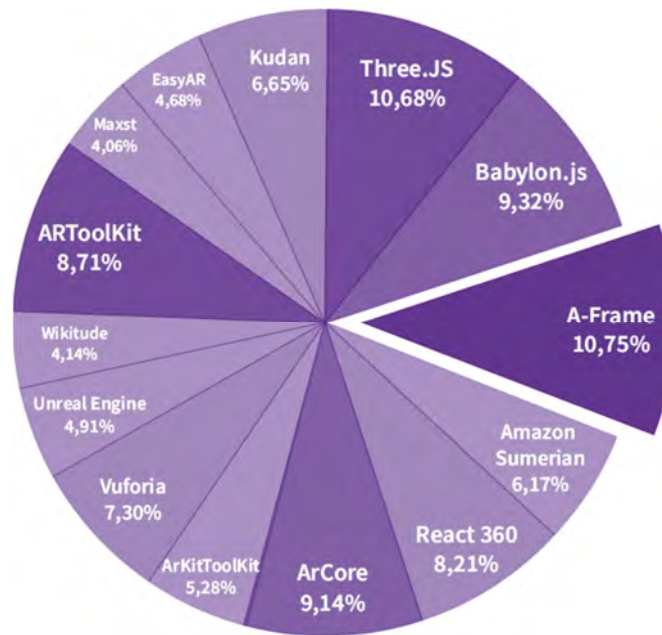
N°	Herramienta	Descripción
1	Three.JS	Three.js es una biblioteca de JavaScript para mostrar contenido 3D en la web, lo que le brinda la capacidad de mostrar modelos, juegos, videos musicales, visualizaciones científicas y de datos, al tratarse de una tecnología web puede ser visualizada en cualquier dispositivo compatible con esta tecnología. además de ser liviana esta biblioteca es de código libre.
2	Babylon.js	Un motor 3D de código libre basado 100% en JavaScript, desarrollado por programadores de Microsoft. Un framework completo para crear juegos y contenido 3D con la ayuda de HTML5 y WebGL.
3	A-Frame	A-Frame es un framework web para construir experiencias de realidad virtual (VR). A-Frame se basa en la parte superior de HTML, por lo que es sencillo comenzar. Pero A-Frame no es solo una estructura de escena 3D o un lenguaje de marcado; El núcleo es un potente marco de entidad-componente que proporciona una estructura declarativa, extensible y composable para three.js.
4	Amazon Sumerian	Amazon Sumerian es un conjunto de herramientas para crear experiencias de realidad virtual (VR), realidad aumentada (AR) y aplicaciones 3D de alta calidad fácilmente sin necesidad de conocimientos de programación o gráficos en 3D. Con Sumerian, puede construir una escena 3D interactiva sin experiencia en programación, probarla en el navegador y publicarla como un sitio web que esté inmediatamente disponible para los usuarios.
5	React 360	React 360 es un framework para la creación de interfaces de usuario 3D y VR. Construido sobre React, una biblioteca diseñada para simplificar la creación de una interfaz de usuario compleja, React 360 permite utilizar herramientas y conceptos familiares para crear contenido 360 inmersivo en la web.
6	ArCore	ARCore es un kit de desarrollo de software desarrollado por Google para realidad aumentada y utiliza tres tecnologías clave. El seguimiento de movimiento permite que el teléfono entienda y rastree su posición en relación con el mundo. La comprensión ambiental permite que el teléfono detecte el tamaño y la ubicación de superficies horizontales planas como el suelo. Y finalmente, la estimación de luz le permite al teléfono estimar las condiciones de iluminación actuales del entorno.

Cuadro 8. (continuación)

N°	Herramienta	Descripción
7	ArKitToolKit	Es una plataforma de desarrollo de software AR para dispositivos iOS y su objetivo es ofrecer experiencias atractivas e inmediatas que combinen objetos virtuales con el mundo real sin problemas. Aprovecha el hardware de un dispositivo iOS para facilitar sus tareas.
8	Vuforia	Vuforia es un kit de desarrollo (SDK) de software de realidad aumentada para dispositivos móviles que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada. Utiliza tecnología de visión por computadora para reconocer y rastrear imágenes planas y objetos 3D en tiempo real. Esta capacidad de registro de imágenes permite a los desarrolladores posicionar y orientar objetos virtuales, como modelos 3D y otros medios, en relación con objetos del mundo real cuando se ven a través de la cámara de un dispositivo móvil.
9	Unreal Engine	Es un conjunto de herramientas integradas para que los desarrolladores de juegos diseñen y creen juegos, simulaciones y visualizaciones. El framework Unreal Engine AR proporciona un marco rico y unificado para crear aplicaciones de realidad aumentada utilizando el motor de Unreal Engine.
10	Wikitude	Wikitude es un SDK que incluye reconocimiento y seguimiento de imágenes, renderización de modelos 3D, superposición de video, tecnología AR y SLAM basada en ubicación (localización y mapeo simultáneos) que permite el reconocimiento y seguimiento de objetos, así como el seguimiento instantáneo sin marcadores
11	ARToolKit	es una biblioteca de tracking de código abierto para la creación de aplicaciones de realidad aumentada que superponen imágenes virtuales en el mundo real. Actualmente, se mantiene como un proyecto de código abierto alojado en GitHub
12	Maxst	MAXST AR SDK es un motor multiplataforma que proporciona características y entornos para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada (AR), es compatible con SLAM y marcadores permitiéndole utilizar diferentes estrategias para el renderizado de contenido en AR
13	EasyAR	EasyAR SDK es una herramienta de desarrollo de aplicaciones móviles que permite el soporte multiplataforma, decodificador de hardware, grabación de pantalla y reconocimiento de objetos 3D.
14	Kudan	Kudan es un SDK para realidad aumentada que ofrece una amplia gama de capacidades y puede integrarse en distintas plataformas, posee 2 versiones, una de código libre y una limitada con mejores prestaciones

En la figura 22 se puede observar consolidado el resultado de la calificación luego de analizar las matrices de cada criterio y sus respectivas evaluaciones de consistencia.

Figura 22. Comparación resultados finales AHP Herramientas para el despliegue de xR



Fuente: Elaboración propia.

A partir del resultado anterior, la alternativa ganadora es A-Frame con un 10,75% seguida por Three.JS con 10,68% y Babylon.js con 9,32%. Como era de esperarse Three.JS y A-Frame quedaron próximos en las calificaciones finales ya que el último es un Framework basado en el primero, además las 3 opciones mencionadas son de código libre, criterio que fue ponderado con alto valor en relación al requerimiento RNF_01. Cabe mencionar que ArCore a pesar de ser de código libre y tener mejores prestaciones en el desarrollo de experiencias basadas en RA está limitado a una lista de dispositivos oficiales compatibles ocasionado que otros dispositivos independientes de cumplir con los requerimientos de hardware puedan ejecutarlo.

Las consideraciones de Violet xR como un sistema de fácil acceso a los estudiantes y la herramienta de despliegue de xR ganadora, llevaron el diseño a pensar en tecnologías Web (RNF_04) como componente principal para el FrontEnd en compañía de A-Frame, y es por ello que entre los diferentes Frameworks disponibles también fue aplicado el proceso de comparación y selección. Los criterios para estos Frameworks se pueden detallar en el cuadro 9, su ponderación de importancia y su evaluación de consistencia se pueden observar en el cuadro 10 y el 11 respectivamente.

Cuadro 9. Criterios de Selección de Framework Web

N	Criterio	Descripción
1	Documentación	Información amplia y actualizada que permiten al desarrollador entender el funcionamiento, la utilización y los errores de la herramienta.
2	Soporte	Canales de comunicación o comunidad en actividad constante para la resolución de dudas ante inconvenientes o soluciones de dudas específicas.
3	Escalabilidad	Capacidad que ofrece la herramienta de agregar más funcionalidades y que le permiten crecer a aplicaciones más complejas.
4	Curva de Aprendizaje	Nivel de tiempo de dedicación y experticia requerida para lograr desarrollar proyectos con el uso de la herramienta.
5	Herramientas	Cantidad y calidad de las herramientas o componentes predefinidos en la herramienta que permiten acelerar el tiempo de desarrollo.

Cuadro 10. Ponderación de Criterios de Selección de Framework Web

Criterio	Documentación	Soporte	Escalabilidad	Curva de Aprendizaje	Herramientas	Ponderación
Documentación	1	1/3	2	1/5	5	17,82%
Soporte	3	1	1/2	1/2	3	19,30%
Escalabilidad	1/2	2	1	1/2	2	18,09%
Curva de Aprendizaje	5	2	2	1	5	38,62%
Herramientas	1/5	1/3	1/2	1/5	1	6,17%
SUMA	9 5/7	5 2/3	6	2 2/5	16	

Cuadro 11. Evaluación de Consistencia de Criterios de Selección de Framework Web

Valor Propio	5,82
Índice de Consistencia	4,57
Ratio de Consistencia	5,19

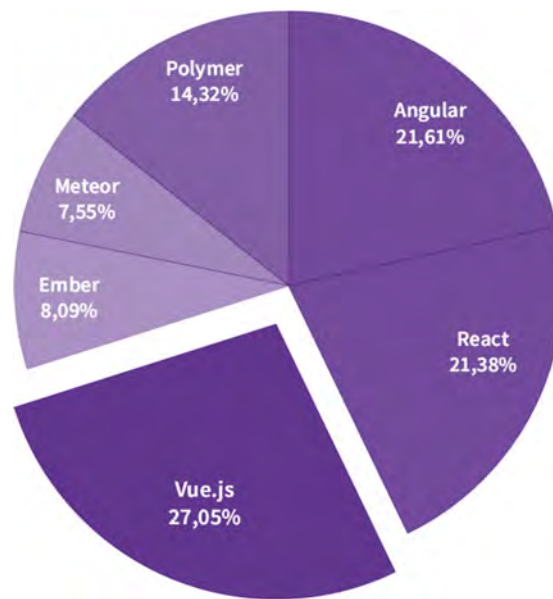
A continuación, en el cuadro 12 se podrán ver listados y detallados los Frameworks considerados.

Cuadro 12. Frameworks Web

N°	Framework	Descripción
1	Angular	Es un framework para aplicaciones web desarrollado en TypeScript, de código abierto, mantenido por Google, que se utiliza para crear y mantener aplicaciones web de una sola página (SPA)
2	React	Es una biblioteca Javascript de código abierto diseñada para crear interfaces de usuario con el objetivo de facilitar el desarrollo de aplicaciones en una sola página (SPA por sus siglas en inglés). Es mantenido por Facebook y la comunidad de software libre
3	Vue.js	es un framework JavaScript de fuente abierta Modelo vista- Vista Modelo (MVVM) para construir interfaces de usuario y aplicaciones SPA .Fue creado por Evan You, y es mantenido por él y el resto de los miembros activos del equipo central provenientes de varias compañías como Netflix y Netguru.
4	Ember	Ember.js es un framework web JavaScript de código abierto, basado en el patrón MVVM. Permite a los desarrolladores crear aplicaciones web escalables SPA incorporando modismos comunes y mejores prácticas en el framework.
5	Meteor	Es un framework para aplicaciones web con JavaScript libre y de código abierto escrito usando Node.js. Meteor facilita la creación rápida de prototipos y produce código multiplataforma (web, Android, iOS). Se integra con MongoDB y usa Distributed Data Protocol y un patrón publish-subscribe para propagar automáticamente al cliente cambios en los datos sin requerir que el desarrollador escriba algún código de sincronización. En el cliente, Meteor depende de jQuery y puede ser usado con cualquier librería de UI para JavaScript.
6	Polymer	Polymer es una biblioteca JavaScript de código abierto para la creación de aplicaciones web utilizando componentes web. La biblioteca está siendo desarrollada por los desarrolladores y colaboradores de Google en GitHub. Los principios de diseño modernos se implementan como un proyecto separado utilizando los principios de Material Design de Google.

El Framework seleccionado fue Vue.js, tal y como se puede observar en la figura 23, es una herramienta balanceada que no escatima en componentes predefinidos que facilitan el desarrollo ni satura de restricciones el desarrollo permitiéndole al desarrollador aprenderlo con facilidad.

Figura 23. Comparación resultados finales AHP Frameworks Web



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.4 Versionamiento y Documentación

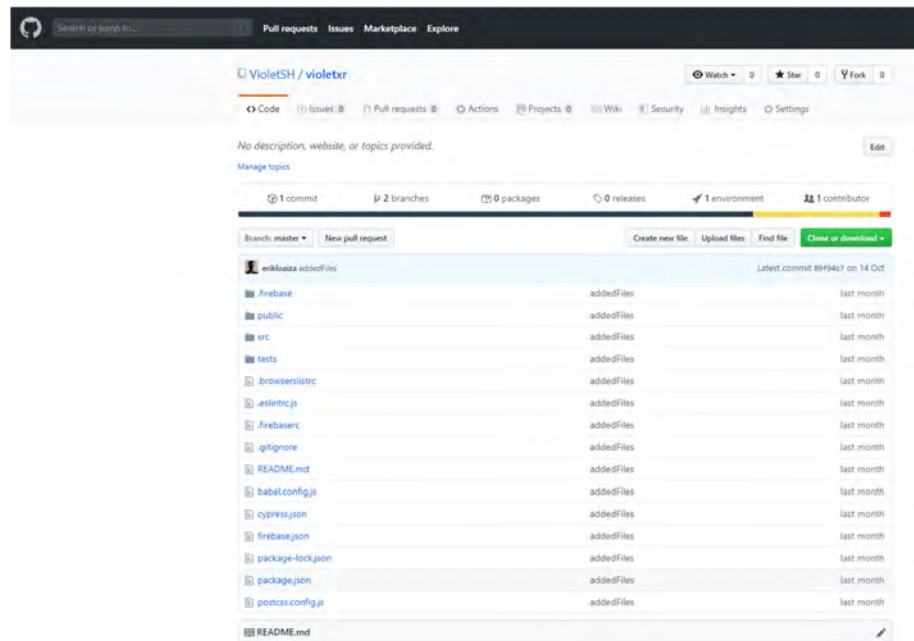
Para la gestión de la documentación del proyecto, se utilizaron los servicios de Google Drive obtenidos por la Universidad Autónoma de Occidente, en este se almacenaron todos los entregables del proyecto después de cada iteración; mientras tanto, el versionamiento del código fue gestionado en GitHub, en un repositorio de libre acceso dada la naturaleza del proyecto. Ver figuras 24 y 25.

Figura 24. Gestión de Documentación

Nombre	Propietario	Última modificación	Tam
Draft	ERIK FERNANDO LOAIZA PATINO	27 dic. 2018 ERIK FERNANDO LO.	—
1. Análisis	ERIK FERNANDO LOAIZA PATINO	29 mar. 2019 Juan Vicente Pradilla	—
2. Diseño	ERIK FERNANDO LOAIZA PATINO	23 dic. 2018 ERIK FERNANDO LO.	—
3. Implementación	ERIK FERNANDO LOAIZA PATINO	23 dic. 2018 ERIK FERNANDO LO.	—
4. Pruebas	ERIK FERNANDO LOAIZA PATINO	23 dic. 2018 ERIK FERNANDO LO.	—
5. Documentos Final Trabajo de Grado	ERIK FERNANDO LOAIZA PATINO	25 nov. 2019 ERIK FERNANDO LO.	—
Violet - BackEnd	Juan Vicente Pradilla Cerón	5 abr. 2019 Juan Vicente Pradilla	—
PG - Violet AR	Juan Vicente Pradilla Cerón	4 mar. 2019 yo	—
Casos de Uso	Juan Vicente Pradilla Cerón	27 mar. 2019 Juan Vicente Pradilla	—
Planificación - Violet xR	Juan Vicente Pradilla Cerón	26 abr. 2019 ERIK FERNANDO LO.	—
Proyecto - AR/VR	Juan Vicente Pradilla Cerón	6 jul. 2018 Juan Vicente Pradilla	—
Revisión actividades 14 de enero 2019	Juan Vicente Pradilla Cerón	23 nov. 2019 yo	—

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Versionamiento



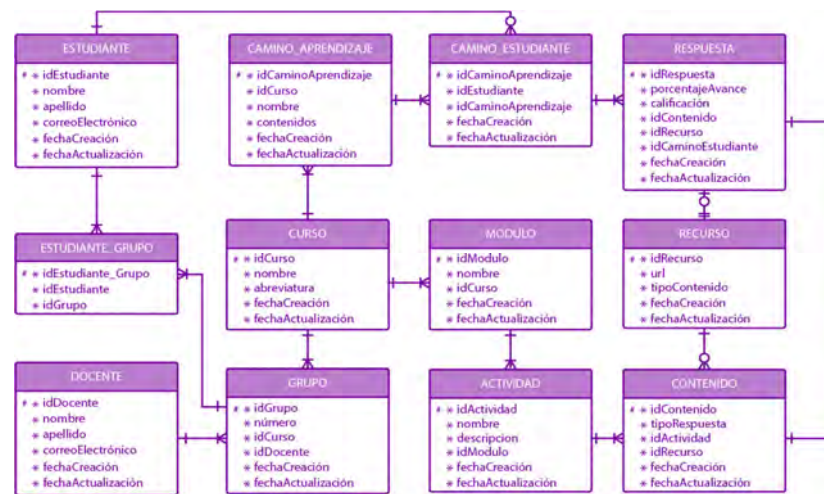
Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.5 Modelo Entidad Relación

A partir del modelo de curso y el modelo de conceptos, presentados anteriormente, se llevó a cabo el Modelo Entidad-Relación (MER) el cual ofrece detalle de la relación de los datos y la información sobre la que se plantea Violet xR, es decir, la estructura de la Base de Datos que alimentará el sistema.

En la figura 26 se puede observar este MER el cual se construyó fundamentado en el modelo de conceptos descrito en la sección 6.2.1.2, haciendo uso de estos conceptos como las tablas que modelan la estructura de la base de datos, además se verificó que las mismas satisficiera la tercera forma normal.

Figura 26. Modelo Entidad Relación



Fuente: Elaboración propia.

Cada tabla en el MER tiene un objetivo específico dentro de la estructura. La tabla Estudiante, donde se almacena el nombre completo del estudiante y su correo institucional servirá como punto de relación entre la autenticación de Google con las credenciales institucionales y la información almacenada en la base de datos. La tabla Grupo, es una instanciación de la impartición de una asignatura o Curso por un Docente a un conjunto de estudiantes, y dado que los últimos pueden estar matriculados a diferentes asignaturas al mismo tiempo lo harán por medio del grupo en la tabla Estudiante_Grupo, la cual se encarga de gestionar la relación muchos a muchos descrita.

Por otro lado, siguiendo la estructura planteada en 6.2.1.1 Los Cursos se dividen en Módulo, Actividades y Contenidos por los cual para cada uno se agregó una tabla generando sus respectivas relaciones. La tabla Recursos permite registrar todos los archivos multimedia (audio, video, texto, 3d, etc) los cuales son requeridos en un Contenido para la presentación de los mismos (Salidas) o como los cargados en las Respuestas de los estudiantes. En este último caso la tabla Respuesta está relacionada con Contenido y con Recurso, sin embargo, este Recurso corresponde a la información del estudiante y no a los de presentación del contenido. Finalmente, la tabla Camino_Aprendizaje permite establecer las rutas iniciales de una asignatura las cuales establecen el orden de acceso de contenidos sobre la cual se fundamenta el agente pedagógico y la tabla Camino_Estudiante registrará la ruta que el estudiante construya en relación al orden del consumo de contenidos. Esta última relación será proveída mediante la tabla Respuestas.

6.2.2.6 Plataforma Web

Violet xR se divide en dos componentes, Front-End, el cual determina el despliegue al usuario y, Back-End, que refiere a la construcción del MER y los servicios consumidos por la aplicación, las tecnologías para la construcción tanto del Back-End como del Front-End se fundamentan en la web como se explicó en la selección de herramientas y tecnologías; su desarrollo es descrito en la fase de implementación, no obstante, el diseño de las interfaces de usuario se realiza a continuación.

6.2.2.7 Diseño de Interfaz de Usuario

La interacción que propone Violet xR integra aspectos de RV, es por esto que se analizaron algunas heurísticas para Entornos virtuales⁴⁷. Sin embargo, se determinó que éstas deberían extrapolarse eliminando aspectos propios de la realidad virtual y, por tanto, ser más genéricas, lo que hace oportuno considerar 6 de las 10 heurísticas propuestas por Jacob Nielsen⁴⁸. En la visibilidad del estado del sistema se esperaba que el usuario tuviera los elementos necesarios para reconocer el módulo y la actividad en las que se encontraba; la libertad y control del usuario se mantuvo frente a la posibilidad que tenía de navegar a través de todos los contenidos del curso y a su propio ritmo; la consistencia y el estándar se estableció a partir de los colores que segmentan los tipos de marcadores y sus funciones; la carga de memoria del usuario se trató de mantener leve, ya que Violet en cada etapa dentro de la aplicación da instrucciones y orienta al estudiante, lo cual también involucra elementos de la heurística de ayuda; finalmente, el minimalismo dentro de la interfaz se refleja en que el único recurso obligatorio es Violet, los demás elementos y contenidos se ven definidos por las acciones del usuario.

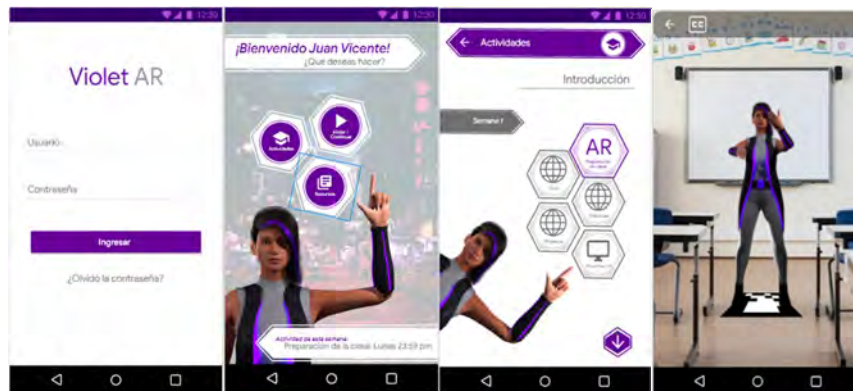
El reto constante durante el diseño de Interfaz de Usuario (UI, por sus siglas en inglés), fue lograr explotar el componente en xR que lleva consigo el sistema. En las figuras 27, 28 y 29 se puede observar la evolución de la UI (En todos los casos los elementos negros bajo el modelo 3D hacen referencia a los marcadores), en donde sus componentes cada vez buscaban integrar más elementos en RA principalmente. En la primera versión de la UI se contemplaban elementos muy planos aún, teniendo como guía otras plataformas de estudio en 2D (como Duolingo); la versión 2 lleva la interfaz a RA exclusivamente, los módulos, actividades y demás funciones, son botones hexagonales y se lleva a cabo la interacción a partir de Cursor o RayCaster (se refiere a la selección con la mirada), más adelante en la sección 6.2.2.11 habrá más detalle sobre los tipos de interacción; la versión 3 mezcla interacción entre Detección de Marcadores y RayCaster, es decir, los módulos y las actividades

⁴⁷ SUTCLIFFE, Alistair y GAULT, Brian. Heuristic evaluation of virtual reality applications [en línea]. En: *Interacting with Computers*, junio de 2004, vol 16, no. 4, p. 831-849. [Consultado: 19 de agosto de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/fm5rcs>

⁴⁸ NIELSEN, Jakob. 10 Usability Heuristics for User Interface Design [sitio web]. (24 de abril de 1994) [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2qUeuJg>

se seleccionan a partir de marcadores y las demás funciones se seleccionan con RayCaster; Finalmente, la última versión de interfaz fue resultado de las evaluaciones en implementación y no tuvo un diseño previo, dado que hace alusión a la misma versión 3 pero sin ningún botón en pantalla pues toda la interacción se mantuvo a partir de detección de marcadores, es decir que luego del inicio de sesión y el tutorial se podía ver desplegada Violet en el marcador principal y los demás elementos que aparecieran en la experiencia hacían parte de otros despliegues sobre los demás marcadores en relación a su interacción con el marcador principal.

Figura 27. Interfaz de Usuario Versión 1 (Plana-Convencional)



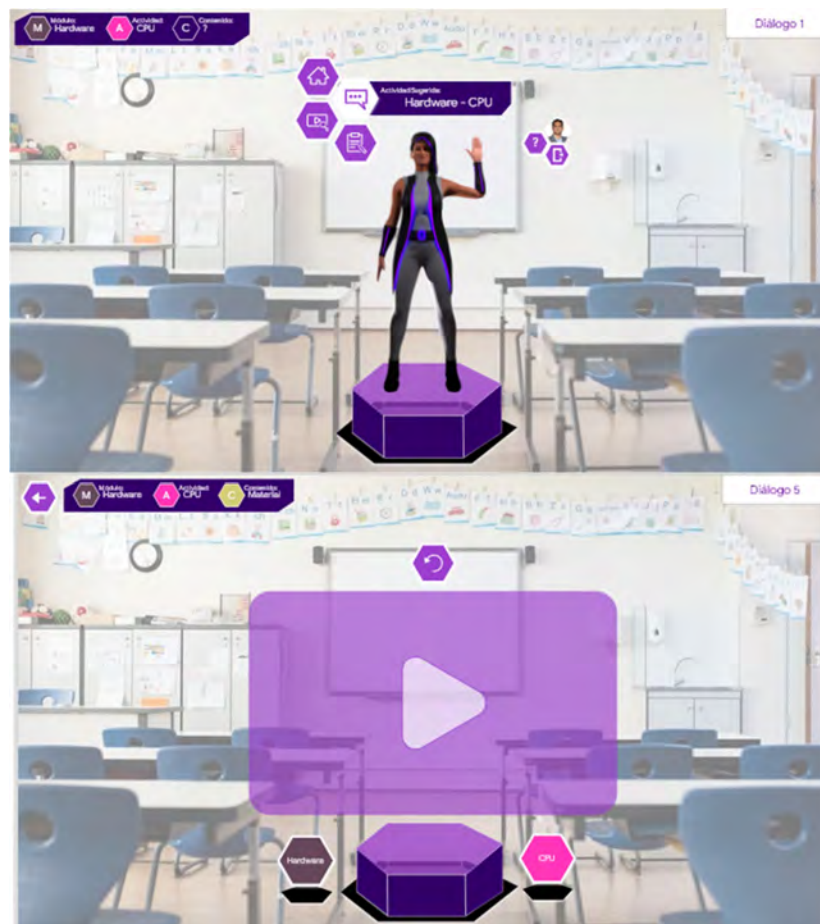
Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Interfaz de Usuario Versión 2 (RA - Interacción con RayCaster)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Interfaz de Usuario Versión 3 (RA - Interacción Mixta)



Fuente: Elaboración propia.

La principal característica que se deseó conservar a lo largo del diseño de la UI y que influyó en la arquitectura de la información, es específicamente la libertad que se le brinda al estudiante sobre el conocimiento, el cual se ve representado en la disposición constante de todos los módulos (RF_03 y RF_09), y es así como el estudiante tiene decisión sobre la modificación de su camino de aprendizaje, no obstante, siempre que el desee o requiera ayuda, la opción de pedir una sugerencia a Violet estaría disponible también.

6.2.2.8 Flujo de Navegación

Como en todos los entregables de la fase, el flujo de navegación de Violet xR fue evolucionando con cada iteración, cada flujo fue diseñado con respecto a cada una de las versiones de UI que se mencionaron. Este consiste en la secuencia lógica establecida para el acceso a los diferentes contenidos de la aplicación, es decir, los diferentes caminos posibles para consumir todas las

funciones posibles que describe el diseño de Interfaz de Usuario, este flujo se inspira en la secuencia lógica del camino de aprendizaje donde se consultan asignaturas, módulos y actividades. La presentación de la actividad es la consulta a un material de estudio, la revisión del aprendizaje responde a un quiz y la sugerencia de camino de aprendizaje es la consulta a Violet por una guía.

Así mismo, se refleja la consulta de la asignatura de ASM pues la aplicación está orientada para el curso, sin embargo, es escalable para su implementación en otras asignaturas. La versión final del flujo del aplicativo se puede detallar en la figura 30.

Figura 30. Flujo de Navegación Final



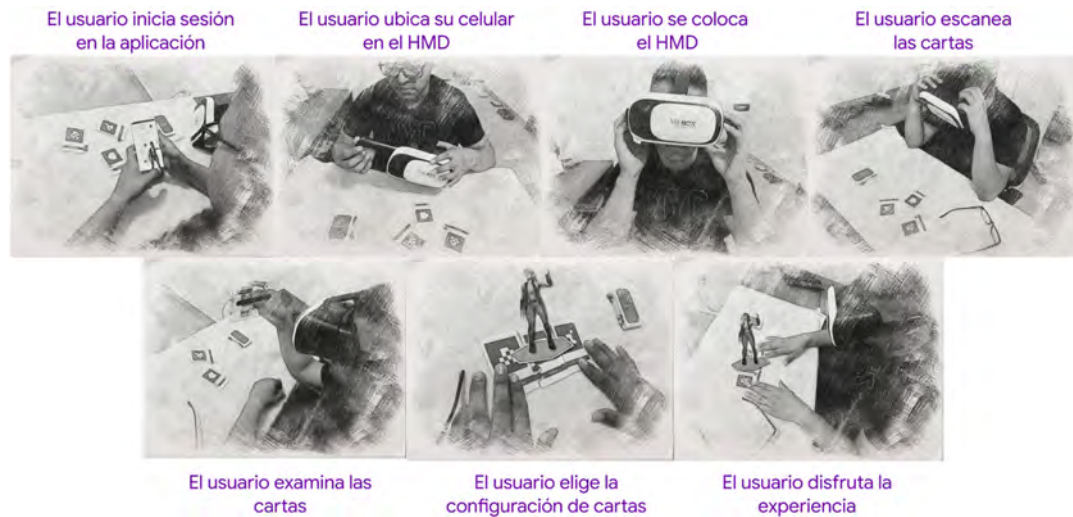
Fuente: Elaboración propia

Este flujo fue pulido a través de las pruebas con usuarios durante la fase de evaluación, el objetivo siempre fue dar un acceso fácil y rápido al usuario a sus contenidos deseados. También fue insumo clave para la detección de elementos de interacción y para la toma de decisiones en el diseño de la misma.

6.2.2.9 StoryBoard

El StoryBoard recopila una representación gráfica del uso de la aplicación que permite visualizar la interacción con el sistema mientras se vive la experiencia, ver figura 31. Este artefacto también plantea de manera general todas las acciones posibles que puede realizar el usuario sobre el sistema y el comportamiento de este que se esperaría.

Figura 31. StoryBoard

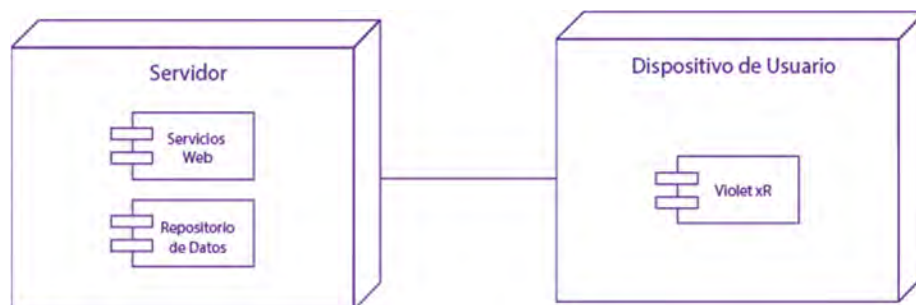


Fuente: Elaboración propia

6.2.2.10 Diagrama de Despliegue

El Diagrama de despliegue de Violet xR representa la distribución física de los nodos físicos de la infraestructura hardware y de red para el funcionamiento del sistema. La figura 32 representa el diagrama donde se evidencian 2 nodos o localizaciones: Servidor y dispositivo de Usuario. En el Dispositivo de Usuario se encuentra el componente Violet xR como la interfaz de despliegue de los contenidos, mientras que en el Servidor se encuentran 2 componentes: Servicios Web que permiten la comunicación con el Dispositivo de Usuario y el Repositorio de Datos dónde se almacena los datos en la estructura descrita en la sección 6.2.2.5.

Figura 32. Diagrama de Despliegue



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.11 Marcadores

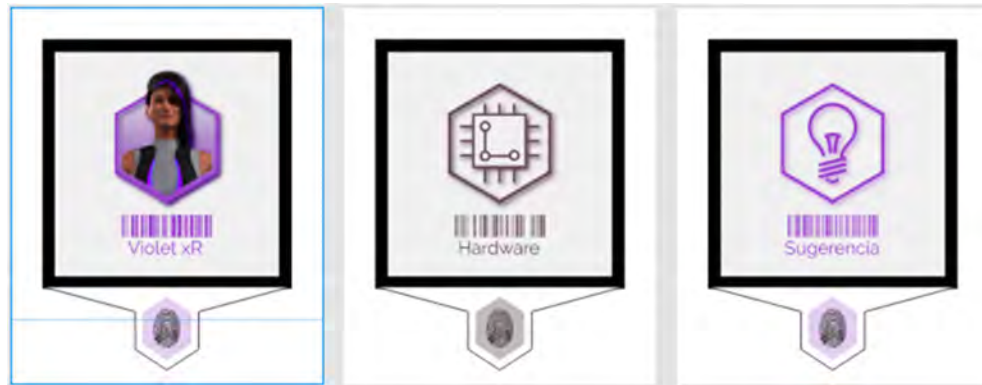
Los marcadores, como ya se expuso en la arquitectura del sistema, se refieren al elemento físico de la experiencia en RA que pretende funcionar como activador de la superposición de un elemento sobre un fotograma o imagen real capturada por la cámara del cliente de la aplicación. En este caso, el diseño de estos marcadores requirió su propio apartado, dado que sobre ellos se plantea la interacción del usuario con el sistema; todos los contenidos multimedia trabajados para Violet xR se despliegan a partir de la detección de estos marcadores. Estos contenidos requieren de una segmentación según el tipo, así mismo, se segmentan los tipos de marcadores:

- **Marcador Principal:** Aquel sobre el que se despliega Violet (avatar) para acompañar al usuario durante el uso de la aplicación. También, sobre este se despliegan los contenidos de cada actividad de tipo material.
- **Marcadores de Módulo:** Son un conjunto de marcadores que se relacionan con los diferentes módulos que contiene el curso, uno para cada módulo y son utilizados para seleccionar el contenido del módulo.
- **Marcadores de Actividad:** Son un conjunto de marcadores que se relacionan con las actividades de cada módulo, pueden ser de tipo material (RF_10); que contienen recursos para estudiar en diferentes medios y formatos (audio, videos, imágenes, animación 3D, entre otros); y pueden ser evaluación (RF_11); que activan un quiz sobre el módulo seleccionado.
- **Marcadores de Opción:** Son un conjunto de marcadores que se activan con algunos quices, si el quiz es de opción múltiple o de ordenamiento de elementos, cada marcador de opción es un elemento de dicho quiz y permite interactuar para dar las respuestas.
- **Marcador de Sugerencia:** Es un único marcador que permite solicitar una sugerencia sobre el contenido que se debe realizar (RF_04) cuando el estudiante desea seguir las instrucciones de Violet y no quiere elegir cualquier contenido.

En el diseño de la interacción podrá detallarse mejor el uso de los marcadores según su tipo. La primer versión de marcadores trató de ser personalizada con bastante valor gráfico, ver figura 33, sin embargo, las limitaciones tecnológicas de A-Frame respecto a las características con las que debe contar el patrón (código), del marcador para ser detectado, son bastante robustas y, a pesar de que se siguieron, se determinó que los diseños eran muy complejos como para una detección certera de cualquier instancia de la aplicación en un cliente,

además de tener en cuenta que la cámara en cada dispositivo cambiaría y no se podría asegurar una calidad alta.

Figura 33. Diseño de Marcadores Versión 1



Fuente: Elaboración propia.

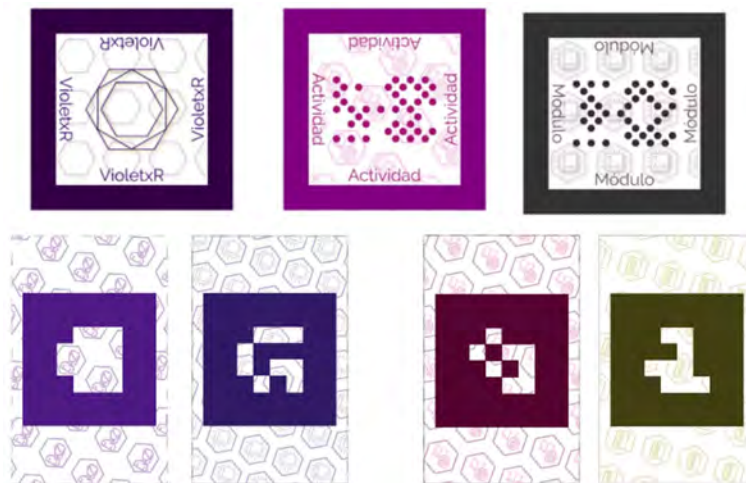
Durante la evolución de los marcadores tras las siguientes iteraciones, ver figura 34, se fueron detallando requerimientos sobre el diseño como el borde de color más sólido y oscuro, además de un “Ratio” considerable, es decir, el grosor del borde; estos requerimientos resultaban de que las características mencionadas mejoraban el rendimiento de la detección de los mismos. Las imágenes del marcador (interior del borde) se diseñaron con Adobe Illustrator⁴⁹ y Adobe XD⁵⁰, mientras la adecuación específica se hizo con un generador libre de AR.js compartido en GitHub⁵¹; los colores fueron elegidos partiendo de los complementarios de la paleta principal, teniendo en cuenta que la necesidad de ser oscuros hizo que se modificaran, lo que quiere decir que se agregan estos colores que son prácticamente diferentes y que aportan un significado de segmentación e indicación, es decir, cada tipo de marcador tiene un color representativo. La versión final de los marcadores fue la de la figura 35.

⁴⁹ Adobe, Adobe Illustrator [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://adobe.ly/2EmYnak>

⁵⁰ Adobe, Adobe Illustrator [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://adobe.ly/34nxJZv>

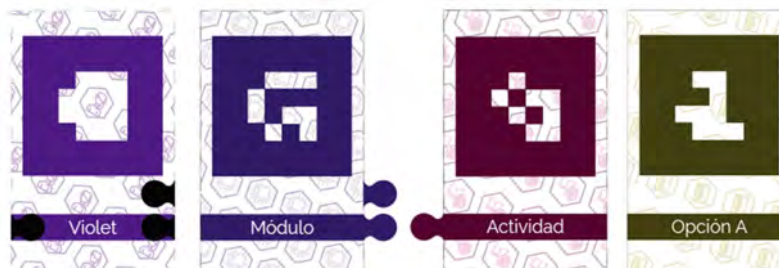
⁵¹ AR.js Marker Training [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/38Juhfa>

Figura 34. Diseño de Marcadores Versiones 2 (arriba) y 3 (abajo)



Fuente: Elaboración propia.

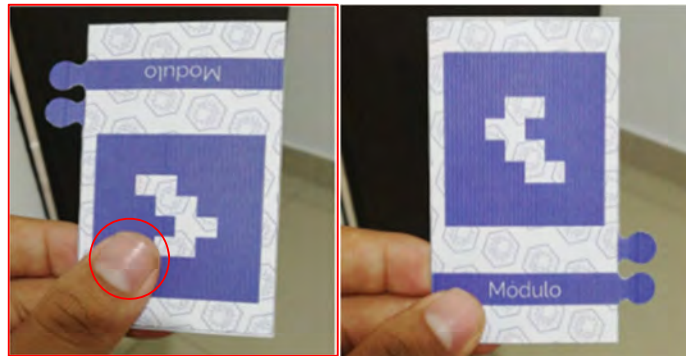
Figura 35. Diseño de Marcadores Versión Final



Fuente: Elaboración propia

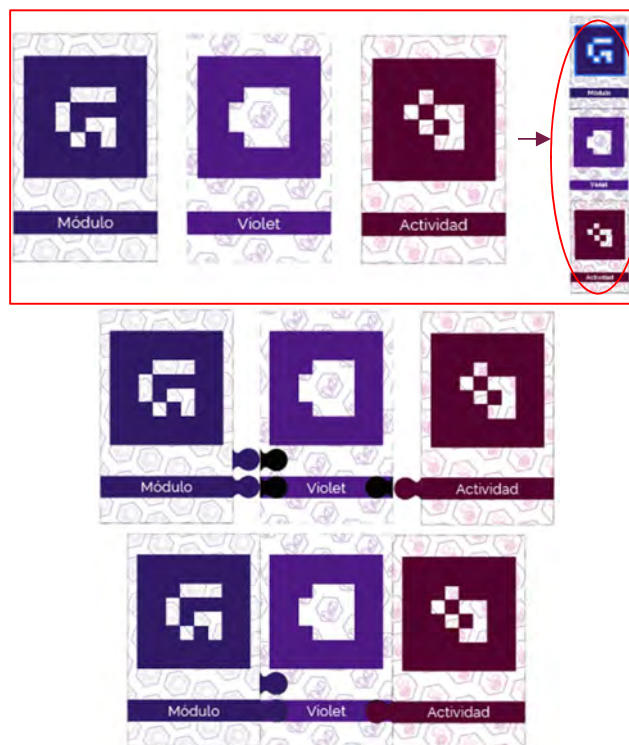
El diseño final de los marcadores también se vio motivado por los hallazgos durante su uso en las pruebas de usuario, los cuales abarcan consideraciones como la de la falta de experiencia de los estudiantes con la realidad aumentada, lo que les generó dificultad para entender la importancia de mantener visible el código del marcador durante su manipulación, además de agregar el texto del tipo de marcador con la intención de dar una orientación específica, un derecho y un revés del marcador, ver figura 36. Uno de los elementos más relevantes dentro del diseño final de los marcadores es la analogía utilizada con los rompecabezas; los módulos tienen dos piezas de encaje y las actividades una, ubicadas estratégicamente para que el usuario pueda interpretar la correcta ubicación de estos en el momento de aproximarlos al marcador principal para realizar las selecciones. Por “Correcto” se refiere a una ubicación horizontal, pues la vertical le exige un mayor rango de captura de imagen dado que la manipulación sugerida del dispositivo para Violet xR es horizontal. La figura 37 refleja el problema que se tenía previamente frente a la solución que se tiene actualmente gracias a este diseño.

Figura 36. Manipulación Incorrecta (izquierda) vs Manipulación Correcta del Marcador (derecha)



Fuente: Elaboración propia.

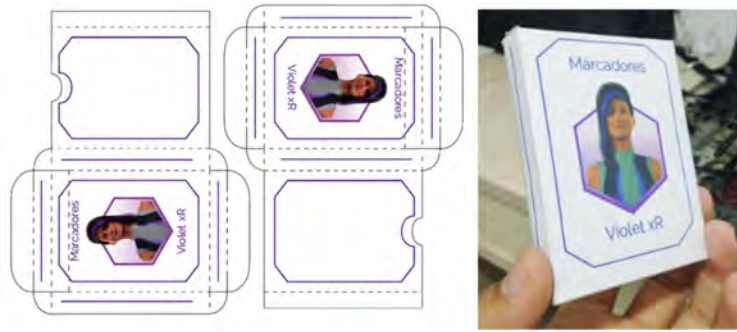
Figura 37. Ubicación Incorrecta de Marcadores (arriba) vs Ubicación Correcta de Marcadores (abajo)



Fuente: Elaboración propia.

Estos elementos físicos se complementaron con el diseño de un empaque, ver figura 38.

Figura 38. Caja para los Marcadores



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2.12 Diseño de la Interacción

La interacción también tuvo un par de consideraciones que fueron variando alrededor de las pruebas, en un principio se esperaba poder mezclar tipos de selección por rayo y superficie o RayCaster⁵², es decir, con la mirada fija sobre un elemento pre visualizado en RA o RV a partir de un puntero y el uso de marcadores para diferentes funciones; el término “mirada fija”, se refiere al enfoque de un objeto con la cámara del celular ya que el dispositivo de despliegue de la app es usado con ayuda de un Headset como un cardboard (RNF_2). Durante las primeras pruebas del prototipo del sistema, ver figura 39, esta interacción fue objetivo de estudio, se consideró entonces 3 tipos de interacción: realizar exclusivamente interacción por RayCaster, realizar exclusivamente interacción por detección de marcadores, y realizar interacción con una mezcla de ambos métodos.

Los tres tipos de interacciones funcionaban de la siguiente manera:

- Proximidad de marcadores: acercar otros tipos de marcadores al marcador central se utilizará como estrategia de selección. Cada marcador funcionará de forma independiente y están agrupados en Marcador Central, Módulos, Actividades, Actividad Sugerida y Opciones. Las actividades (a excepción de la sugerencia) sólo están disponibles cuando un módulo ha sido seleccionado. El contenido que se está reproduciendo sobre el marcador principal se pausa dejando de enfocar con la cámara el marcador principal, y se reanuda dejando volviendo a enfocararlo.
- Cursor RV (RayCaster): Consiste en un punto en el centro de la cámara que utiliza un rayo en el espacio 3D el cual permite hacer selecciones al observar por un tiempo determinado un elemento. Se agregan Objetos 3D en el marcador

⁵²ROTH, Scott D. Ray casting for modeling solids. En: Computer Graphics and Image Processing [en línea]. Science Direct, octubre de 2004. vol. 18, p. 109-144. [Consultado: 13 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2Pg3T2n>

central a manera de menú donde se despliegan los módulos, actividades y actividad sugerida

- Mixto: Consiste en una integración de los 2 tipos de interacción mencionados anteriormente en el cual parte de la interacción se realiza utilizando los marcadores y la otra el cursor. Esta forma de interacción utilizaba los marcadores para seleccionar los módulos y las actividades se despliegan en el marcador central como botones de selección.

Figura 39. Pruebas de Interacción



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados arrojaron que los usuarios se sienten más cómodos con la interacción exclusiva por marcador, se descartó entonces el RayCaster dada la exigencia que le demandaba al usuario, pues en una sesión de estudio larga podría ocasionar incomodidades en el cuello, además, este tipo de selección podría implicar muchos errores, dada la necesidad de evitar contacto visual con elementos que no se desean seleccionar y que pueden ser el centro de atención de un momento específico de la experiencia.

6.3 IMPLEMENTACIÓN

En esta fase se llevó a cabo la materialización de la fase de diseño, se trabajó en la implementación del aplicativo Web y su integración con el Avatar y demás contenido 3D que hacen parte del sistema como interfaz, es decir, la integración del contenido 3D que tiene que ver con la asistencia de Violet al usuario mientras se hace uso de la aplicación, esta integración contempla la animación

del personaje y en la exportación a un formato compatible con las herramientas seleccionadas para el despliegue web.

6.3.1 Plataforma Web

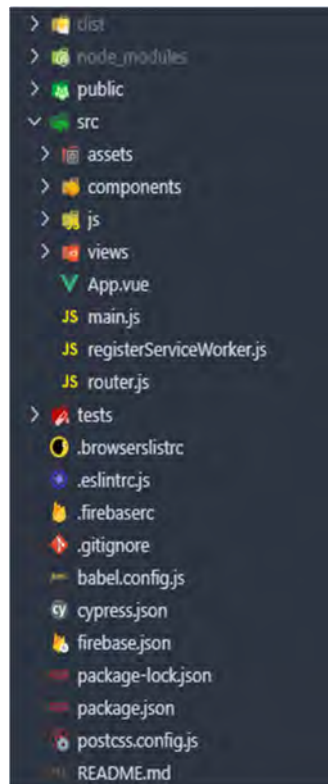
En el siguiente apartado se explican y detallan los aspectos más relevantes dentro de la programación del aplicativo Web Violet xR.

6.3.1.1 Aplicación Web - FrontEnd

El diseño FrontEnd se refiere específicamente entonces al Framework Vue.js en conjunto con el Framework A-FRAME luego de su respectivo análisis y paso por la etapa de selección de herramientas, la estructura de la codificación es proveída por la interfaz de comandos de Vue.js (Vue CLI)⁵³, la cual consiste en los directorios evidenciados en la figura 40, a esta estructura se añade la subcarpeta “Views” para diferenciar los componentes encargados de agrupar un conjunto de otros componentes que serán renderizados en pantalla.

⁵³ VUE JS: Vue CLI [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/36BhsI9>

Figura 40. Estructura de Carpetas Vue.js



Fuente: Elaboración propia.

El sistema utiliza 2 vistas base:

- Login: Encargado de estructurar la visualización y la lógica de autenticación.
- ArScene: Encargado de renderizar los fotogramas capturados por la cámara y todo el contenido 3d definido por los componentes adicionales.

Los demás componentes se encargan de estructurar lógicas más específicas:

- ArMarkerCenter: Es una abstracción de componente que permite definir el contenido que se presenta sobre el marcador central de la aplicación, esta lógica incluye tanto los recursos de Violet (Avatar) propios de la aplicación, así como los que se recuperan a través de los servicios del BackEnd, que tienen que ver con la renderización de los diferentes tipos de contenidos de las actividades. Esta lógica comprende entonces: La renderización de contenido 3D en formato GLTF, video, imagen, audio, HTML y archivos PDF (RF_05, RNF_05, RF_06, RF_07 y RF_08). Para el render de los recursos en cada uno de estos medios, se hace uso de otros componentes ya desarrollados y libres.

- **ArMarkerOption:** Es una abstracción de componente que permite establecer la base de renderizado para los marcadores con un contenido diferente a 3D (audio, imagen, video, entre otros), estos marcadores consisten en actividades y módulos. Este componente es utilizado por la vista de ArScene de forma iterativa para la generación de las opciones del menú y permitir las selecciones de módulos y actividades.
- **ArMarkerTest:** Provee la lógica de renderizado de los marcadores tipo opción (RF_12) y el cómo se estructura la evaluación de ordenamiento (Modelos 3D de renderizado y posiciones).

Por otro lado, la lógica propia de la interacción con el espacio tridimensional se realizó mediante el sistema de componentes de A-Frame, estos componentes son agregados mediante directivas a las etiquetas HTML de este Framework, los componentes desarrollados y sus funcionalidades son los siguientes:

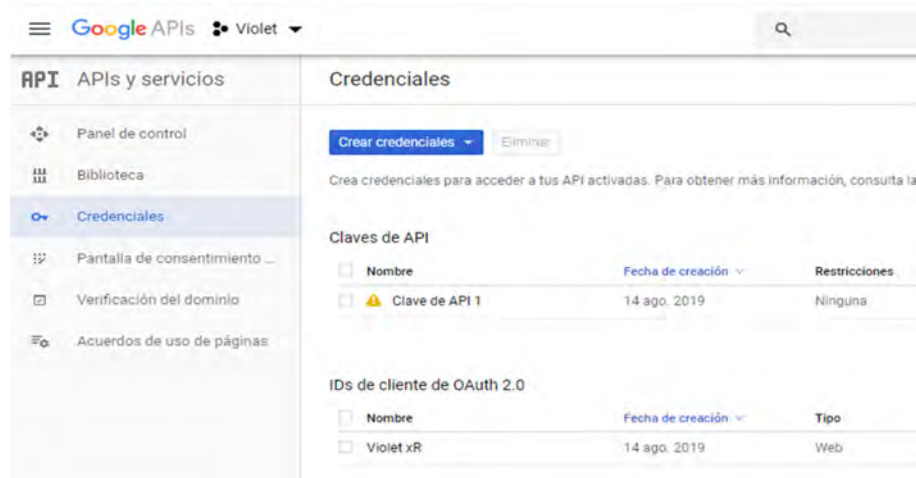
- **aframe-arjs-delayed-marker:** es un componente que se agrega en las entidades de tipo marcador para preservar sus contenidos en pantalla durante un tiempo específico cuando se pierde la detección del marcador, este componente se desarrolla con la finalidad de mejorar la estabilidad al momento de realizar selecciones por proximidad (ver componente aframe-proximity).
- **aframe-proximity:** es un componente que agrega la lógica necesaria para realizar la interacción por proximidad de marcadores, este componente permite definir una distancia mínima a un marcador de origen en la cual se arroja un evento personalizable. Este componente permite definir la interacción por proximidad de marcadores utilizando los eventos arrojados por el mismo para detectar las selecciones que hacen las configuraciones de los módulos, actividades y contenidos respecto al marcador central.
- **test-right-to-left:** es un componente que implementa la lógica de aframe-proximity para definir una interacción por proximidad de ordenamiento de marcadores por parejas y de forma secuencial, además de proveer la capacidad de animar un objeto 3D que transite de marcador a marcador.
- **aframe-arjs-vr:** este componente extiende la capacidad de renderizado estereoscópico de A-Frame añadiendo el video captado por la cámara como una entidad 3D ya que Ar.js sólo genera un elemento de video en el DOM que no puede ser visualizado en el modo estereoscópico.

Finalmente, aunque el sistema debe estar inicialmente conectado a internet para generar consultar el contenido (RNF_08), Vue.js permite generar un serviceworker, el cual permite guardar las respuestas de estas peticiones a las API en almacenamiento local de forma que la app puede acceder a estas aún

si la conexión a internet se pierde. Sin embargo, dicho almacenamiento está limitado a 10MB.

Dado que se pretende acceder al sistema mediante correo electrónico en relación al requerimiento RF_01, es necesario implementar un sistema de autenticación para la aplicación. Con este fin se implementa la librería vue-gapi, ver figura 41, la cual provee las herramientas de desarrollo para facilitar la integración de los servicios de Google como OAuth2 y acceso a archivos en Drive para la descarga de contenidos asociados, vue-gapi además utiliza la estructura del Framework Vue.js para la esquematización de sus componentes y provee un botón de inicio de sesión con los estilos visuales de google predefinido. Para implementar los servicios de google fue necesario generar un proyecto en Google Cloud⁵⁴, ver figura 42, de forma que se generarán las claves de autorización que habilitan las APIs en la aplicación.

Figura 41. Gestión de APIs y Servicios de Google



Fuente: Elaboración propia.

⁵⁴ GOOGLE: Google Cloud [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2PoPSSn>

Figura 42. Configuración de vue-gapi.

```
const config = {
  apiKey: "AIzaSy8zT_ssQdnGLZ0kc0l0gzrfbRThU7CmEDU",
  clientId:
    "445333639249-m78tmfvlib259sdosq1krtfdgpd1fo2h.apps.googleusercontent.com",
  scope:
    "profile email https://www.googleapis.com/auth/drive.readonly https://www.googleapis.com/auth/drive.file https://www.googleapis.com/auth/drive.metadata.readonly"
};
Vue.use(VueGoogleApi, config);
```

Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.2 Aplicación Web - BackEnd

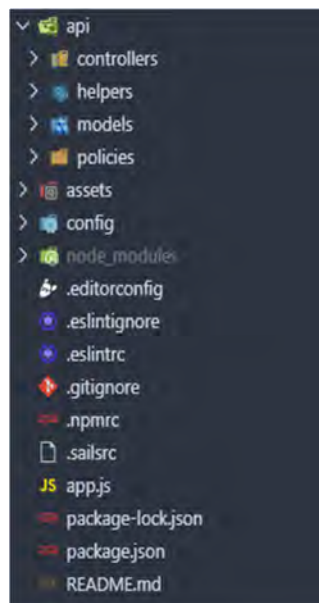
El BackEnd de la aplicación es construido sobre Sails.js⁵⁵, un Framework Modelo Vista Controlador (MVC) de Node.js⁵⁶ en tiempo real, ver figura 43, el cual facilita el desarrollo de los servicios gracias a sus herramientas. Este Framework utiliza una tecnología de mapeo de datos que cumple las veces tanto de Objeto Relacional (ORM por sus siglas en inglés) como no relacional (ODM) llamada Waterline. Esta tecnología permite independizar la lógica de los servicios en los controladores de la sintaxis utilizada en los distintos sistemas manejadores de bases de datos, brindando así la posibilidad de cambiar entre bases de datos sin cambiar el código de los servicios. De acuerdo con el RNF_03, se utilizó como la base datos de código abierto MySQL.

Para la implementación del MER, se definen las tablas como modelos, ver figura 44, y en estos sus campos y relaciones con otros modelos. En la ejecución de la aplicación, el sistema realiza automáticamente las migraciones de los modelos configurados. Las migraciones se ejecutan gracias a Waterline para generar las tablas o colecciones en la base de datos definida en el archivo de configuración datastores.js. Un ejemplo del modelo construido para los módulos se puede observar en la figura 45.

⁵⁵ SAIL JS: Sails Js [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://sailsjs.com/>

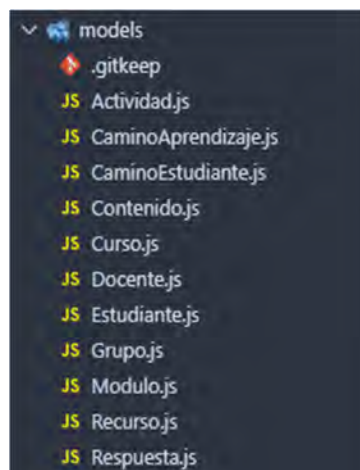
⁵⁶ OPEN JS FOUNDATION: Node Js [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://nodejs.org/es/>

Figura 43. Estructura de Archivos del BackEnd



Fuente: Elaboración propia.

Figura 44. Conjunto de Modelos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 45. Ejemplo de Modelo de Módulos

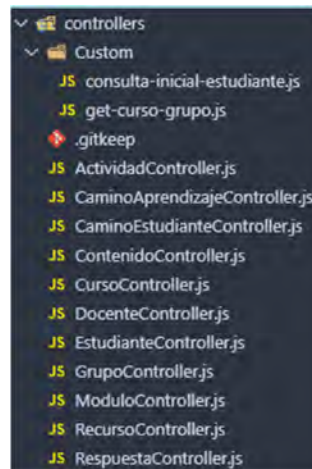
```
/**
 * Modulo.js
 *
 * @description :: A model definition represents a database table/collection.
 * @docs        :: https://sailsjs.com/docs/concepts/models-and-orm/models
 */

module.exports = {
  ...
  attributes: {
    nombre: {
      type: 'string',
      required: true
    },
    // relación muchos a uno con curso
    curso: {
      model: 'curso',
      required: true,
    },
    // Relación uno a muchos con actividad
    actividades: {
      collection: 'actividad',
      via: 'modulo',
    },
  },
};
```

Fuente: Elaboración propia.

Al generar los modelos mediante la interfaz de comandos de Sails.js, el sistema automáticamente genera un controlador para cada modelo, ver figura 46. Sin embargo, dado que el sistema implementa un serviceworker y puede almacenar su respuesta en memoria, se implementa una estrategia de petición única dónde la API responde con toda la información asociada al estudiante que realiza el inicio de sesión (RF_1). Para esto, el servicio recibe el identificador del estudiante el cual corresponde a su correo electrónico de inicio de sesión y retorna la información asociada a dicho estudiante como sus cursos (información de cada asignatura: RF_02), módulos, actividades, contenidos, el camino de aprendizaje del estudiante y la actividad sugerida, ver figura 47, este camino de aprendizaje del estudiante se verá modificado cuando el estudiante realice actividades de los módulos.

Figura 46. Controladores en Sails.js



Fuente: Elaboración propia

Nota: La capacidad de realizar sugerencias reales no está comprendida dentro del alcance del desarrollo sin embargo la estructura permite implementar el algoritmo correspondiente sin alterar la estructura desarrollada.

Figura 47. Función Asíncrona para Envío de Información del Estudiante.

```
module.exports = async function getInicialInfoStudent (req, res) {
  var id = req.param('idEstudiante');
  if (isNaN(id)) {
    return res.badRequest(new Error('Any mail was specified, please provide it in params'));
  }

  var estudiante = await Estudiante.findOne({id:id}).populate('caminosEstudiante')
  estudiante.cursos = []
  for(caminoEstudiante of estudiante.caminosEstudiante){
    var caminoAsignado = await CaminoAprendizaje.findOne({id:caminoEstudiante.caminoAprendizaje}).populate('curso')
    var caminoRecorrido = await CaminoEstudiante.findOne({id:caminoEstudiante.id}).populate('respuestas')
    var cursoData = await Curso.findOne({id:caminoAsignado.curso.id}).populate('modulos')
    var curso = caminoAsignado.curso
    var modulos=[]
    for(modulo of cursoData.modulos){
      var nModulo = await Modulo.findOne({id:modulo.id}).populate('actividades')
      for (actividad of nModulo.actividades) {
        var contenidos = await Contenido.findOne({actividad:actividad.id}).populate('peticion')
        actividad.contenidos = contenidos
      }
      modulos.push(nModulo)
    }
    curso.modulos=modulos
    curso.caminoAsignado = caminoAsignado.contenidos

    curso.caminoEstudiante = {orden:[]}

    for(resp of caminoRecorrido.respuestas){
      curso.caminoEstudiante.orden.push(resp.contenido)
    }

    var proximaActividad = curso.caminoAsignado.orden.filter(x=>!curso.caminoEstudiante.orden.includes(x))[0]
    curso.proximaActividad = await Actividad.findOne({id:proximaActividad})

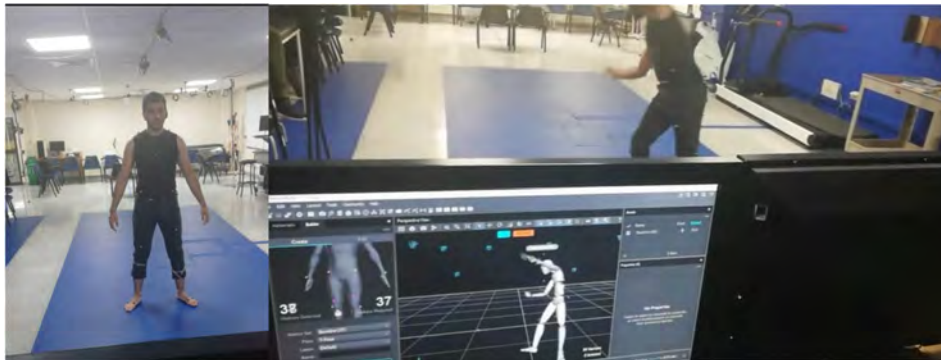
    estudiante.cursos.push(curso)
  }
  delete(estudiante.caminosEstudiante) //Remove for preserve order
  return res.send(estudiante)
}
```

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Avatar

Como ya se especificó, Violet está diseñada en Blender y frente a la fase de implementación se empezó a animar el modelo para integrarlo con el sistema, estas animaciones fueron realizadas en un inicio manualmente a través del sistema de huesos que brinda MB-Lab, sin embargo, la fluidez esperada no se logró, dado que se requiere mucho tiempo para simular un movimiento humano con suficiente precisión para verse realista. Por lo tanto, se recurrió a una técnica de captura de movimiento (Mocap, por su concepto en inglés), con marcadores pasivos (reflectores de luz infrarroja); se utilizó entonces un sistema proveído por la UAO el cual consiste en el uso del Software Motive⁵⁷ de la empresa OptiTrack, este sistema, que también contaba con cámaras Flex del mismo proveedor, tiene la capacidad de rastrear 6 grados de libertad (6DoF, por sus siglas en inglés) y tiene una precisión milimétrica para lograr capturas en tiempo real con un alto nivel de fluidez, ver figura 48. Este software permitió obtener las capturas en formato .bvh, el cual es compatible con el add-on de MB-Lab y con el que finalmente se integraron las animaciones al modelo.

Figura 48. Software Motive, OptiTrack



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, las animaciones de las expresiones faciales de Violet y los fonemas para la sincronización labial (LipSync) con los audios de instrucción de la aplicación, fueron realizados con Blender y un software libre escrito en Python llamado Papagayo⁵⁸ en su versión 1.4.2, ver figura 49; utilizado específicamente para LipSync a partir de una configuración de los fonemas en español a lo largo de cada audio y exportados como un fichero de datos en formato .dat, este es interpretado por un add-on utilizado en blender llamado Lipsync Importer & Blinker⁵⁹, ver figura 50; finalmente el lipsync es integrado al modelo y exportado

⁵⁷ OPTITRACK: Motive: Optical motion capture software [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://optitrack.com/products/motive/>

⁵⁸ MOREVNA PROJECTS: Papagayo-NG: Open-Source Lipsync Software [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2YSnTxA>

⁵⁹ GITHUB: Lipsync Importer & Blinker, Blender Add-on [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2EiKJoA>

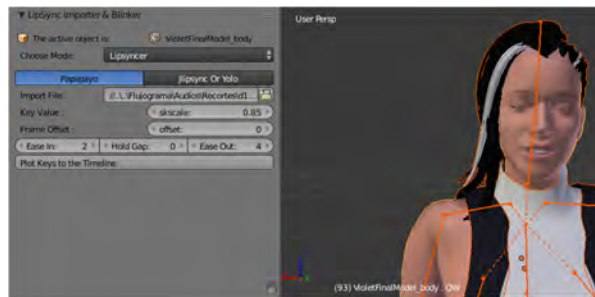
en formato .glb⁶⁰, el cual se refiere a una representación binaria más compacta de la información del modelo 3D, tanto el .glTF⁶¹, el .bin y las imágenes de las texturas son almacenadas en este mismo archivo, para garantizar entonces un peso liviano y una mayor velocidad de procesamiento dados los pocos requerimientos de lectura de este formato de archivo; el .glTF se refiere a un JSON con información de jerarquía de nodos, materiales, cámaras, entre otros; el .bin es un archivo binario con datos de la animación, geometrías y demás datos basados en búfer; y las imágenes de texturas son archivos en formato .png.

Figura 49. LipSync en Papagayo



Fuente: Elaboración propia

Figura 50. Lipsync Importer & Blinker



Fuente: Elaboración propia

Este formato que se utilizó para modelos 3D traía consigo diversas complicaciones; como un límite para su funcionamiento correcto de 10 a 12 shape keys (deformaciones utilizadas para las expresiones faciales y lipsync), lo cual limitó a su vez la cantidad de detalles que se pudieron haber implementado respecto a las expresiones de la cara, dado que se requiere un shape key por fonema y en Violet se usaron 10 fonemas (E, AI, etc, rest, L, O,

⁶⁰ FILEFORMAT: What is a GLB file?. [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2temNjR>

⁶¹ FILEFORMAT: What is a GLTF file? [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2Pqsmob>

U, FV, MBP y QW), los otros dos shape keys fueron usados entonces para una expresión de sonrisa y otro para el parpadeo. Por otro lado, los modificadores que permitían ver la animación de la ropa del modelo con las fuerzas respectivas fueron eliminados ya que no son soportados por el formato del archivo y los únicos materiales que se pueden usar en este tipo de formato para un correcto rendimiento son los de tipo metálico, por lo tanto, el realismo que aportan los materiales bien contruidos nodo a nodo por MB-Lab, tuvieron que ser desechados y contruidos desde cero, dando un aspecto plano al personaje respecto a su piel y ropas.

A pesar de que el formato de modelo 3D utilizado prometía un rendimiento óptimo, en este caso donde se contaba con un escenario Web no se obtuvo un rendimiento de buena calidad de la aplicación, esto generó la necesidad de optimizar el modelo al punto de tener un resultado bastante alejado del realismo, acercándose más al estilo Cartoon y Low Poly, es por esto que se puede notar en la fase de diseño una versión final de Violet muy diferente comparada con su versión realista, es decir, una versión antes de la optimización. Algunos de los detalles de la optimización mencionada consistían en un cabello macizo a partir de mayas sin animación, pues en su versión realista el cabello fue construido pelo a pelo con partículas; la ropa de violet inicialmente fue modelada con un modificador de blender llamado ShrinkWrap, para hacerla ajustada al cuerpo y los detalles fueron realizados manualmente, sin embargo, al igual que las mayas de la piel fueron optimizadas disminuyendo la cantidad de vértices y de detalles. El último detalle al que se vio obligado el rediseño de Violet fue a la eliminación de mayas que se superponen, es decir, se eliminó la maya de la piel oculta bajo la ropa.

6.3.3 Contenidos

El mismo manejo que se le dio al avatar en cuestiones de optimización y gestión del sistema web, fue aplicado sobre cada contenido en 3D que se utilizó como lo son: elementos 3D para los módulos, las actividades, las opciones de respuesta, entre otros.

6.4 PROTOTIPADO

En la metodología MPlu+a la fase de prototipado es transversal a las fases de análisis, diseño e implementación; por lo tanto, los entregables que se fueron definiendo y exponiendo a través de estas tres fases, y que fueron usados para la evaluación en cada iteración, son los prototipos respectivos en cada momento durante el desarrollo del proyecto.

6.5 EVALUACIÓN

En esta fase, se realizó la evaluación de todas las salidas de las fases de Análisis, Diseño, e Implementación de la metodología; análogamente a la fase de prototipado, dentro de la metodología MPlu+a la evaluación se caracteriza por tener una transversalidad, sin embargo, esta se presenta en relación con todas las demás fases de la metodología, y sus resultados son utilizados para el ajuste de la concepción del proyecto. A continuación, se describirán las evaluaciones realizadas por fase y la forma en que se realizaron los procesos para conseguir las versiones finales del sistema que se observaron en la fase de diseño:

Análisis: Para la evaluación y planteamiento de ajustes y correcciones de cada prototipo dentro de la fase de análisis, como la lista de requerimientos, entre otros. Se realizaron procesos de inspección por pares con el docente de la asignatura a partir de la definición de reuniones presenciales frecuentes. Este proceso consistió inicialmente con el análisis conjunto de la problemática y la revisión detallada de cada entregable realizado en la fase, con lo que se buscó determinar refinamientos, dando lugar a cada iteración.

Diseño: La evaluación del diseño de la solución tuvo 2 aristas; Evaluación de la estructura de la solución y evaluación de las interfaces de usuario:

Evaluación de la estructura de la solución: Al igual que la fase de análisis, la alternativa de solución fue validada mediante procesos de inspección por pares con el docente de la asignatura, espacio en el cual se fueron refinando los aspectos estructurales como son la arquitectura del curso y la del sistema para su correcta integración; además, se realizó inspección del backend, las tecnologías a utilizar, la modelación de datos y el diseño de las pruebas.

Evaluación de las interfaces de usuario: Durante la etapa de diseño, las interfaces de usuario y el avatar fueron evaluadas directamente con el usuario en la fase de implementación, pues los rediseños están basados en los resultados.

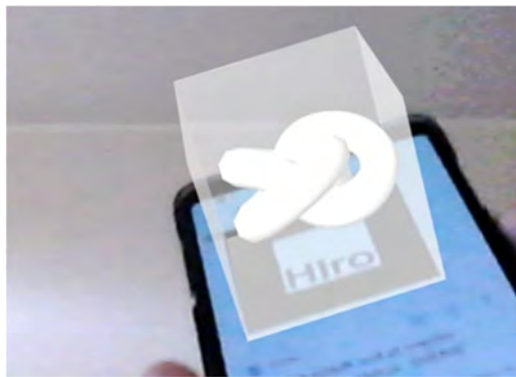
Implementación: La evaluación de la implementación tuvo 2 aristas; Evaluación de la interacción y Evaluación del sistema:

Evaluación de la interacción: La falta de experiencia del usuario con RA, condujo el proyecto a la necesidad de hacer un análisis previo de la interacción definida para el sistema. Las primeras consideraciones de la interacción, como ya se pudieron observar en la fase de diseño, se contemplaba la posibilidad de usar RayCaster como método de selección en la interfaz definida en RA, también se consideró utilizar selección mediante proximidad de detección de marcadores o

una mezcla de ambas formas de selección. A través de un Cuestionario (Anexo E) y el método de Pensando en Voz Alta (Anexo E) aplicado el día 12 de agosto de 2019 en la UAO con 11 estudiantes de ingeniería multimedia de diferentes semestres, se determinó que el sistema se construiría bajo la selección de proximidad de marcadores, pues el RayCaster implicaba movimientos constantes de la cabeza, desconcentración con elementos físicos reales (dado que esta forma de interacción se utiliza generalmente en RV y no RA), además de que podría provocar mayor índice de error dado que se genera confusión cuando se tiene la mirada sobre un contenido no seleccionable.

Para esta prueba se realizó la implementación de un modelo funcional el cual constaba de figuras geométricas básicas, en el marcador central un cubo con un “torus knot” rotando interno como puede ser apreciado en la figura 51.

Figura 51. Cubo “Torus Knot”



Fuente: Elaboración propia.

Evaluación del Sistema: La integralidad del sistema, elementos de carácter funcional y no funcional, se evaluó cuando se contaba con un mayor nivel de madurez. Se realizaron evaluaciones de usabilidad mediante el método de Experimentos Formales (Anexos F y G) con dos grupos de ASM, el día 5 de noviembre con un grupo de 14 estudiantes de ASM y 13 de noviembre con otro grupo de 16 estudiantes, ambas se desarrollaron en horarios de la mañana en paralelo a la cátedra de la asignatura y tuvieron lugar en el Infolab de la UAO.

El escenario de pruebas se configuró haciendo uso de los asientos y escritorios disponibles en el lugar sobre los cuales se dispusieron los elementos para ejecutar las pruebas. Estas pruebas tuvieron como fin evaluar la usabilidad global de la aplicación.

Si bien los experimentos formales se dividen en 3 etapas: pre-test demográfico, ejecución de las tareas y pos-test, sólo se ejecutaron las 2 últimas partes pues el docente había realizado con antelación el levantamiento de la información demográfica de los estudiantes (insumo mencionado en la fase de análisis para

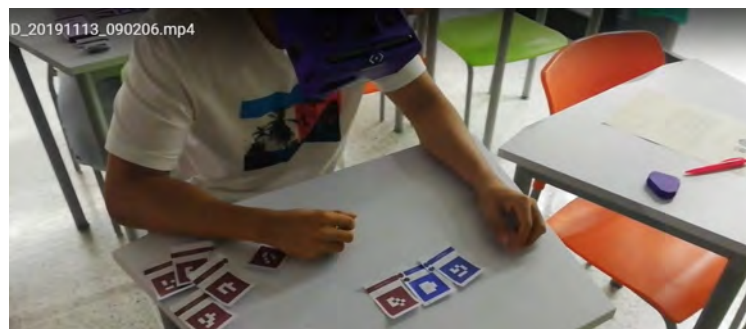
la elaboración de perfil de usuario). Para ambos casos, el post-test se organizó con 14 preguntas donde 12 de ellas utilizan la escala likert de 5 niveles para las respuestas y las 2 últimas (13 y 14) son abiertas. También se tomaron registros audiovisuales para su respectivo análisis posterior, para el cual se requirió la autorización de cada usuario participante del proceso de pruebas a través de un acuerdo de confidencialidad (Anexo H).

Prueba Piloto: Durante la ejecución de la prueba piloto, con 2 usuarios, se observó que el tiempo total de la prueba era más del estimado (10 min) ya que sobrepasaba los 25 minutos por usuario y estos disponían de poco tiempo para participar en la misma, por ello se les solicitó a los usuarios realizar únicamente las tareas 1, 4, 5 y 8 ya que estas eran suficientes para que el usuario contemplase a grandes rasgos el funcionamiento del sistema. A continuación, se presenta la lista de las tareas que debían realizar con el sistema:

- Tarea N° 1: Iniciar sesión.
- Tarea N° 2: Salir actividad / Eliminar configuración.
- Tarea N° 3: Realizar la actividad sugerida por Violet.
- Tarea N° 4: Revisar el material de la actividad “Modelo OSI” del módulo “Telecomunicaciones”.
- Tarea N° 5: Realizar el quiz de la actividad “Modelo OSI” del módulo “Telecomunicaciones”.
- Tarea N° 6: Revisar un material de una actividad “libre” de un módulo “libre”.
- Tarea N° 7: Realizar el quiz de una actividad “libre” de un módulo “libre”.
- Tarea N° 8: Cerrar sesión.

Prueba 1: Para la ejecución de esta prueba participaron 14 estudiantes quienes estaban cursando la asignatura, ver figura 52. Los tiempos esperados para el cumplimiento de las tareas era de 40, 80, 80 y 40 segundos respectivamente. El cuadro 13, evidencia los resultados promedios obtenidos para cada una de las preguntas del post-test en las pruebas finales.

Figura 52. Prueba 1 – Experimentos Formales



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13. Resultados del Post-Test Prueba 1

N	Pregunta	Media (Núm.)	Media (Round)	Media
1	¿Pudo completar las tareas?	3	3	NEUTRAL
2	¿Considera que la información disponible en la aplicación es completa (suficiente)?	3,92	4,00	DE ACUERDO
3	¿Considera que la información disponible en la aplicación es fácil de entender?	4,28	4	FÁCIL
4	¿Considera que la información requerida en la prueba ha sido fácil de encontrar?	4	4	FÁCIL
5	Respecto a la disposición de la información, ¿Para seleccionar una opción o un botón se requiere de un gran esfuerzo?	2,35	2	EN DESACUERDO
6	¿Es fácil la navegación (desplazamientos entre pantallas) a través de la aplicación?	3,71	4	FÁCIL
7	¿El diseño de la aplicación es consistente?	4,14	4	DE ACUERDO
8	¿Se ha sentido bien informado u orientado dentro de la aplicación?	4,28	4	DE ACUERDO
9	El tiempo transcurrido entre la selección de una opción y su respectiva ejecución le parece:	2,57	3	NEUTRAL
10	Usted califica su grado de satisfacción en el uso de la aplicación como:	3,35	3	NEUTRAL
11	¿Volverá a utilizar la aplicación?	4	4	DE ACUERDO
12	¿Cómo evalúa su experiencia como colaborador de esta prueba?	3,71	4	AGRADABLE

El tiempo promedio que le tomó a los usuarios realizar la tarea 1 fue de 38 segundos, para las tareas 3 y 4 fueron 180 y 156 segundos respectivamente; finalmente, la tarea 9 les tomó 45 segundos; este resultado permitió tener la primera consideración sobre que el método de selección e interacción en el aplicativo no era intuitivo. Adicional a esto, gracias a las respuestas de las preguntas 13, 14 y los comentarios adicionales que hicieron los usuarios durante la prueba, se identificaron problemas en términos de “lentitud” (rendimiento), fallas en la selección y lectura de marcadores, visualización de la cámara en modo estereoscópico, reproducción de audio en iOS, mareo generado en los usuarios por el uso del HMD (RNF_02) y entendimiento de la interacción por la inexperiencia en RA. Dichos problemas y las soluciones planteadas se describen en el cuadro 14.

Cuadro 14. Problemas Detectados Prueba 1 y Soluciones.

Aspecto	Planteamiento	Solución
Velocidad	Reducir la dependencia de la conectividad de internet con un cargue de archivos más livianos y la implementación funcional de caché con ServiceWorker.	La implementación del ServiceWorker se hará efectiva al ejecutar el sistema por lo menos 1 vez y en modo de navegación normal (no incógnito), se priorizan los recursos de la app sobre los recursos de contenidos de actividades,
Selección de Marcadores	Reducir la posibilidad de seleccionar un marcador por accidente y mejorar la detección de una selección deseada.	Se implementa una estrategia de estructura tipo rompecabezas donde los usuarios aproximan las tarjetas a una distancia muy reducida, reduciendo la probabilidad de selecciones indeseadas.
Cargar el modo estereoscópico	Garantizar el renderizado estereoscópico.	Nota: Se adiciona funcionalidad mediante eventos html donde se oculta el botón de entrar a RV hasta que todas las configuraciones del video estén listas.
Detección de marcadores	Optimizar la calidad de detección de los marcadores.	Por la limitación de tecnología no se realiza avance en este campo.
Falla en reproducción de audio	Garantizar la reproducción de audio posterior a una selección en dispositivos iOS.	Requiere aspectos técnicos no relacionados con el perfil de usuario establecido: Android.
Visualización Borrosa, Zoom y Mareo	Configurar los parámetros de calibración estereoscópica para garantizar una experiencia con menor impacto negativo.	Se corrigen errores de calibración y se aumenta el DOF para alejar el video de la pantalla (zoom).
Forma de interacción	Implementar una estrategia de tutorial efectiva, explícita y obligatoria para el aprendizaje del uso de interacción por marcadores en la experiencia.	Se implementa un tutorial explícito y una forma de interacción con rompecabezas añadiendo información de interacción en las fichas propiamente.

Prueba 2: Para la ejecución de esta prueba participaron 13 estudiantes quienes estaban cursando la asignatura en un grupo diferente al de la anterior, para esta se implementaron los cambios pertinentes en el sistema y se realizaron las mismas tareas para comparar los resultados y determinar si las modificaciones permitieron tener una mejora. A continuación, se enlistan las tareas que debían realizar con el sistema:

- Tarea N° 1: Iniciar sesión.
- Tarea N° 2: Revisar el material de la actividad “Modelo OSI” del módulo “Telecomunicaciones”.
- Tarea N° 3: Realizar el quiz de la actividad “Modelo OSI” del módulo “Telecomunicaciones”.
- Tarea N° 4: Cerrar sesión.

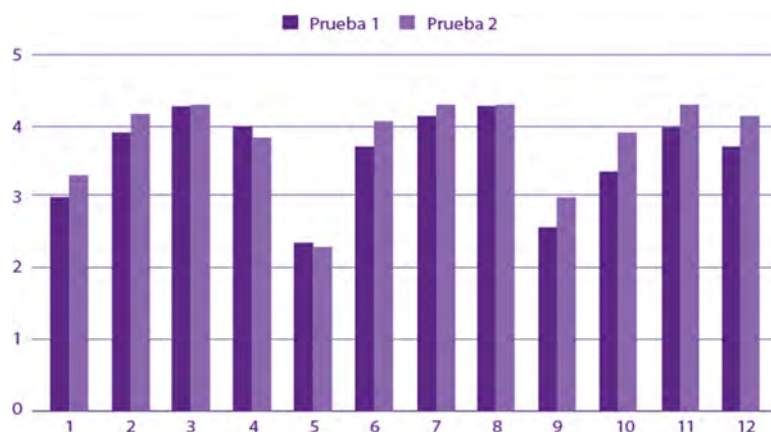
El cuadro 15, evidencia los resultados promedios obtenidos para cada una de las preguntas del post-test.

Cuadro 15. Resultados del Post-Test Prueba 2

N	Pregunta	Media (Núm.)	Media (Round)	Media
1	¿Pudo completar las tareas?	3,30	3	NEUTRAL
2	¿Considera que la información disponible en la aplicación es completa (suficiente)?	4,15	4	DE ACUERDO
3	¿Considera que la información disponible en la aplicación es fácil de entender?	4,30	4	FÁCIL
4	¿Considera que la información requerida en la prueba ha sido fácil de encontrar?	3,84	4	FÁCIL
5	Respecto a la disposición de la información, ¿Para seleccionar una opción o un botón se requiere de un gran esfuerzo?	2,30	2	EN DESACUERDO
6	¿Es fácil la navegación (desplazamientos entre pantallas) a través de la aplicación?	4,07	4	FÁCIL
7	¿El diseño de la aplicación es consistente?	4,30	4	DE ACUERDO
8	¿Se ha sentido bien informado u orientado dentro de la aplicación?	4,30	4	DE ACUERDO
9	El tiempo transcurrido entre la selección de una opción y su respectiva ejecución le parece:	3	3	NEUTRAL
10	Usted califica su grado de satisfacción en el uso de la aplicación como:	3,91	4	SATISFACTORIO
11	¿Volverá a utilizar la aplicación?	4,30	4	DE ACUERDO
12	¿Cómo evalúa su experiencia como colaborador de esta prueba?	4,15	4	AGRADABLE

Comparación de resultados: Al comparar los resultados obtenidos en ambas pruebas se observa que hubo mejoría en la mayoría de los aspectos y un decaimiento en uno de ellos, la figura 53 permite visualizar los resultados obtenidos en ambas pruebas por cada pregunta.

Figura 53. Comparación Prueba 1 y Prueba 2



Fuente: Elaboración propia

En las preguntas 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se ve un incremento general en la calificación obtenida indicando una mejoría de mayor impacto en las preguntas 9 y 10 que responden al tiempo entre selecciones y el nivel de satisfacción respectivamente. El decrecimiento del puntaje en la pregunta 4 indica un incremento en el esfuerzo por encontrar la información en el sistema lo cual puede ser debido a la implementación de la nueva estrategia del tutorial, mientras que en la pregunta 5 el decrecimiento del puntaje indica que los usuarios consideran que se requiere menor esfuerzo para realizar una selección, lo cual es positivo para el sistema. Esta disminución de esfuerzo para realizar selecciones también es apoyada por la diferencia de tiempo que tomó llevar a cabo las tareas en esta segunda prueba, mientras las tareas 1 y 4 se mantuvieron próximas en el promedio de 39 y 40 segundos respectivamente, las tareas 2 y 3 tomaron esta vez 155 y 135 segundos.

6.6 LANZAMIENTO

En esta fase se realizó el despliegue y entrega de la solución al docente de la asignatura como es descrito en la metodología MPlu+a, sin embargo, dado que este proyecto nace con la necesidad de atender la población de estudiantes del curso de Arquitectura Multimedia de la Universidad Autónoma de Occidente, pero que a su vez al ser un proyecto libre busca impactar a la comunidad académica en general, el proceso de lanzamiento es comprendido como la instanciación del diagrama de despliegue planteado en la sección 6.2.2.9.

El servidor Web, encargado de desplegar el FrontEnd de la aplicación se desplegó en Firebase Hosting⁶², un servicio de hosting de contenido Web con nivel de producción orientado a programadores, el estado y uso de la aplicación puede ser visualizado en la figura 54.

⁶² FIREBASE: Firebase Hosting [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2Ppy1eg>




Figura 54. Servidor Web Firebase



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el Servidor de aplicaciones encargado de proveer la lógica y la base de datos (BackEnd) se desplegó en Heroku⁶³ una plataforma como servicio (PaaS, por sus siglas en inglés) para el despliegue y monitoreo de aplicaciones, el estado y uso de la aplicación puede ser visualizado en la figura 55.

Figura 55. Servidor Web Heroku

Region	 United States
Stack	heroku-18
Framework	 Node.js
Slug Size	42.9 MiB of 500 MiB
GitHub Repo	 VioletSH/Violet_Backend
Heroku Git URL	<code>https://git.heroku.com/violet-back.git</code>

Fuente: Elaboración propia

⁶³ HEROKU: Heroku [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://www.heroku.com/what>

7 CONCLUSIONES

El objetivo general del proyecto: “Desarrollar una experiencia multimedia basada en xR que fomente la motivación de los estudiantes sobre su proceso de aprendizaje en la asignatura de Arquitectura de Sistemas Multimedia”, se logró cumplir a través de la concepción de la metodología MPlu+a. A través de sus componentes de Diseño Centrado en el Usuario y la etapa de prototipado, se permitió adaptar el sistema oportunamente tras cada iteración, lo que se ve reflejado en una disminución de dificultad de uso en cada prueba, dejando como resultado una herramienta que puede ser utilizada en la asignatura en próximos períodos académicos.

Asimismo, la pretensión de ofrecer diversos formatos y medios para la representación de la información del contenido académico genera en los estudiantes un llamado de atención positivo, pues manifiestan una preferencia por el contenido en 3D y su despliegue en realidad aumentada frente a los materiales de estudio convencionales, los cuales se caracterizan por ser, en su mayoría, textos planos; siendo este un valor esperado del uso de esta tecnología en el diseño de una experiencia educativa.

La respuesta de los estudiantes a la herramienta los muestra interesados, pues expresan de forma oral que tener a Violet xR haría la diferencia en sus estudios independientes de manera que tendrían mayor disposición para realizarlos dada la libertad con la que cuentan sobre el contenido de estudio. Entonces, parece ser que el sistema motiva o, al menos, establece una oportunidad para motivar en la medida en que los estudiantes pueden llegar a su autodeterminación tal y como lo plantea el marco teórico sobre el que se diseñó. No obstante, se considera oportuno realizar más validaciones que incorporen además métricas propias de la motivación y muestras más significativas para generar una afirmación final.

Uno de los retos que Violet xR planteó está relacionado con la concepción del sistema como una herramienta tecnológica Open Source, a la vez que se considera un escenario multiplataforma estableciendo un ambiente Web. En principio, se esperaban encontrar grandes desarrollos y soporte sobre herramientas gratuitas para el despliegue web de RA, teniendo en cuenta el tiempo que esta tecnología se lleva implementando, sin embargo, las limitaciones que caracterizan este conjunto de tecnologías ofrecen un panorama en donde se hace complejo diseñar un sistema sólido que abarque un número considerable de elementos confortables en lo que respecta a experiencia de usuario, como sucedió en este proyecto, por ejemplo, con la necesidad de disminuir la calidad de los modelos 3D. Violet xR fue posible gracias al esfuerzo constante en la exploración de este conjunto de tecnologías y la adaptación evolutiva de la idea inicial del proyecto a los recursos que se proveían.

La relación entre Violet y el estudiante parte de los mecanismos con los que cuenta el avatar para expresar un verdadero acompañamiento, una guía real o una retroalimentación adecuada, dejando a la vista un segundo reto asumido relacionado con la utilización del formato GLTF para el contenido 3D, esto con el fin de mejorar el rendimiento funcional de la aplicación por su capacidad de compresión. Sin embargo, las limitaciones técnicas de este formato sugieren un sacrificio de realismo y efectos especiales en el avatar, tanto en su aspecto visual como en su animación, provocando una lejanía entre el sistema y los conceptos que se desean reflejar, como la empatía, disminuyendo la posibilidad de fomentar la motivación. Estas limitaciones fueron controladas a través de la optimización de mallas, calidad de texturas, materiales, y conservando los movimientos faciales más significativos en el modelo como la sonrisa y el pestañeo.

Por otro lado, se evidenció que la RA no ha sido apropiada dentro del modelo mental de los estudiantes pese a haber asegurado tener experiencia con este tipo de tecnología, ya que los usuarios demostraron desconocer elementos importantes dentro de los medios de interacción con la misma, como lo es la correcta manipulación de los marcadores pues es necesario que no se oculte el “barcode” o marcador para que se active la realidad aumentada y muchos fueron inconscientes de ello en un inicio, este hecho dejó como resultado una alternativa de diseño intuitivo como se presenta en la versión final de los marcadores, la cual aprovecha el patrón de las fichas de un rompecabezas.

A partir de este hecho y de la dificultad con la que se encuentran heurísticas y estándares para la construcción de herramientas en RA, al nivel que lo requiere Violet xR, se consideró difícil la tarea de evaluar la usabilidad del sistema. A pesar de que el diseño de interfaz de usuario y sus componentes se tuvieron en cuenta las heurísticas de Nielsen, el sistema como unidad y como tecnología RA se evaluó exclusivamente con el usuario a través de los experimentos formales con un trabajo exhaustivo y dejando un camino abierto a más validaciones. No obstante, según los estudiantes, las tareas cada vez se tornaban menos confusas y les presentaba un menor grado de dificultad para realizarlas, lo que se consideró como una señal de intuitividad con el uso del sistema.

7.1 TRABAJO FUTURO

Los desafíos de usabilidad que se vivieron con este proyecto son apoyados por Anderson Maciel, profesor de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, quien en su ponencia sobre xR durante el Congreso Multimedia de 2019 de la Universidad Militar Nueva Granada expuso: “We know we don’t know much about how users interact in VR”, y esto aplica también para el RA, pues RV llegó primero y aún no es una tecnología afianzada y explotada dentro del contexto educativo en Colombia.

Por esta razón, próximamente se espera realizar un nuevo estudio que consiste en la construcción de patrones de diseño y heurísticas dentro de la RA, partiendo de los medios de interacción que propone Violet xR, abarcando tanto el contenido como los elementos físicos, activadores o marcadores. Esta idea fue apoyada por Daniela Quiñones, PhD en Ingeniería de la Computación, durante su participación en el mismo congreso; esto con el objetivo de encontrar una concepción global de “usable” en estas tecnologías.

7.2 CONTRIBUCIONES:

En el marco del proyecto se obtuvieron algunos resultados paralelos al alcance del mismo, estos incluyen aportes de diferente naturaleza que proponen nutrir el contexto en el que se desarrolló.

En primer lugar, el 23 de marzo de 2019 se compartió el Curso de “Creación y Animación de Personajes 3D” con MB-Lab, Blender y Papagayo; herramientas Open Source que contemplan la construcción del avatar de Violet, el contenido de este curso planteó una metodología de creación de un personaje, que aún se encuentra en una etapa preliminar y de la que se espera poder tener un trabajo futuro relacionado en donde se pueda evaluar su implementación en otros espacios, además, en este curso convergen todos los conocimientos técnicos adquiridos durante el proyecto que abarcan desde los conceptos básicos del 3D, software de diseño de este tipo de gráficos, add-ons para la creación del personaje, consideraciones y herramientas de modelado de ropa, modelado de cabello en partículas, rigging y animación básica, introducción a fonemas y expresiones faciales, conceptos básicos del lip sync y formatos de exportación compatibles para el uso de este tipo de modelos en RA.

El segundo aporte, se trata de un curso complementario compartido en 14 de septiembre de 2019, bajo el título de “Curso de Animación 3D haciendo uso de sistemas de reconocimiento de movimiento” que partió de los conceptos adquiridos en el primero y contemplaba elementos de Captura de Movimiento (Mocap, pos sus siglas en inglés) y animación, para este se utilizó el mismo sistema con el que se animó Violet a partir de marcadores pasivos; se abarcó desde la calibración del sistema de OptiTrack hasta el uso del software Motive y se dieron tips para el manejo y exportación de la animación obtenida durante la captura, además de otros tips en el momento de importarlo a un modelo 3D existente construido previamente.

Finalmente, Violet xR también permitió desarrollar 3 componentes de software que se constituyeron como módulos de contribución y que fueron compartidos en npm, estos permiten realizar funciones relacionadas con el manejo de RA en un proyecto web y son los siguientes: Aframe-Proximity⁶⁴, este componente

⁶⁴ LOAIZA, Erik F. y ROLDÁN, Marco A. aframe-proximity. NPM. [Consultado: 20 de enero de 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/lr5gTcJ>

permite el lanzamiento de eventos cuando es detectada una distancia entre dos entidades previamente establecida; Aframe-Arjs-Delayed-Marker⁶⁵, es un componente que permite mantener el renderizado de un objeto en RA cuando la detección del marcador se ha perdido por un lapso de tiempo determinado y, finalmente; Aframe-Arjs-Vr⁶⁶, es un componente que permite establecer un renderizado estéreo de los fotogramas capturados por la cámara para generar el efecto de visualización que se usa en la realidad virtual cuando se utiliza un HMD. Estos tres componentes son desarrollados con Aframe y ARjs como se puede detallar en sus nombres, están disponibles para su descarga dando un punto de partida para nuevos desarrollos y exploraciones.

⁶⁵ LOAIZA, Erik F. y ROLDÁN, Marco A. aframe- arjs-delayed-marker. NPM. [Consultado: 20 de enero de 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/mr5gYPf>

⁶⁶ LOAIZA, Erik F. y ROLDÁN, Marco A. aframe-arjs-vr. NPM. [Consultado: 20 de enero de 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/Fr5gU3t>

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, José Antonio y LAMATA, M. Teresa. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. En: International Journal of Uncertainty [en línea]. World Scientific, 2006. vol. 14 No 4, p. 445-459. [Consultado: 13 de agosto de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2Pr8wZG>

ATKINSON, Robert K; CHRISTOPHERSON, Robert M.; HARRISON, Caroline J.; JOSEPH; Stacey S; LIN, Lijia. Animated agents and learning: Does the type of verbal feedback they provide matter? [en línea]. En: Computers & Education. Septiembre de 2013, vol. 67, p. 239-249. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/f42pkq> ISSN 0360-1315

AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality [en línea]. En: Presence: Teleoperators and Virtual Environments. Agosto de 1997, vol. 6, n.4, p 355-385 [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/gd7qb4>. ISSN: 1054-7460

BACCA, Jorge; BALDIRIS, Silvia; FABREGAT, Ramon; GRAF, Sabine; KINSHUK. Mobile Augmented Reality in Vocational Education and Training [en línea]. En: Procedia Computer Science. Diciembre de 2015, vol. 74, p. 49-58. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/dg2w> ISSN 1877-0509.

BACKMAN, Kenneth F.; BACKMAN, Shelia J.; HUANG, Yu-Chih; MCGUIRE, Francis A.; MOORE, DeWayne. An investigation of motivation and experience in virtual learning environments: a self-determination theory [en línea]. En: Education and Information Technologies. Enero de 2019, vol. 24, no.1, p. 591-611. [Consultado: 21 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/dg2r>. ISSN: 1360-2357. E-ISSN: 1573-7608

BELLOCH, Consuelo. Entornos Virtuales de Aprendizaje [En línea]. En: Unidad de Tecnología Educativa (UTE). Universidad de Valencia. [Consultado: 22 de febrero de 2019] Disponible en internet: <https://bit.ly/38xbhAi>

CHENG, Hercy N. H; LIU, San-ya; LIU, Zhi; WANG, Meng; YANG, Zong-Kai. Using Feedback to Improve Learning: Differentiating between Correct and Erroneous Examples [en línea]. En: 2015 International Symposium on Educational Technology (ISET). Julio de 2015. p. 99-103. [Consultado: 22 de febrero de 2019] Disponible en internet: <http://doi.org/dg2v>

CHICKERING, Arthur W.; GAMSON, Zelda F. Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education [en línea]. En: AAHE Bulletin. Marzo de 1987. p 3-7. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <https://bit.ly/2PoiUlg>

CHOI, Sunhee; CLARK, Richard E. Cognitive and Affective Benefits of an Animated Pedagogical Agent for Learning English as a Second Language [En línea]. En: Journal of Educational Computing Research. Junio de 2006, vol. 34 n. 4, p. 441–466. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/b4gdq9>

CHUGH, K. L., et al. Impact of Active Learning in Engineering Education [en línea]. En: IEEE. Junio de 2006. [Consultado: 8 de enero de 2019]. Disponible en internet: <https://ezproxy.uao.edu.co:2083/10.1109/MITE.2018.8747038>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1188 (25, abril, 2008). Por la cual se regula el registro calificado de programas de educación superior y se dictan otras disposiciones [en línea]. Santa Fe de Bogotá, D.C. [Consultado: diciembre 6 de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2EngMwM>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 30 (28, diciembre, 1992). Por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. [en línea]. Santa Fe de Bogotá, D.C.: Diario Oficial No. 40.700. [Consultado: diciembre 6 de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/36zqUFu>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley Estatutaria 1581 (18, octubre, 2012). Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales [en línea]. Santa Fe de Bogotá, D.C.: Diario Oficial No. 48.587. p. 1. [Consultado: diciembre 6 de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2RVNLXK>

CORREA ARIAS, César. Autonomous Learning and New Possibilities for Intercultural Communication in Online Higher Education in Mexico [en línea]. En: Teaching and Training for Global Engineering: Perspectives on Culture and Professional Communication Practices. University of Guadalajara. Abril de 2016. ed. 1. p. 127-148. [Consultado: 20 de febrero de 2019]. Disponible en Internet: <http://doi.org/dg2t>

DELGADO KLOOS, Carlos; DI SERIO, Ángela; IBÁÑEZ, María Blanca; VILLARÁN, Diego. Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness [en línea]. En: Computers & Education. Febrero de 2017, vol. 71, p. 1-13. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/f5k62p> ISSN 0360-1315.

DÍAZ, Frida. Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida. México: Mc Graw Hill. 2006, 165 p.

DOS SANTOS, Renata. Significant and Autonomous Learning of Scientific Writing by Active Methodologies in Portuguese Language classes [en línea]. En: 2018 3rd

International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE). Junio de 2018. p. 1-7 [Consultado: 20 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/dg2n>.

ESTAPA, Anne; NADOLNY, Larysa. The Effect of an Augmented Reality Enhanced Mathematics Lesson on Student Achievement and Motivation [en línea]. En: Journal of STEM Education: Innovations and Research, agosto a septiembre de 2015, vol. 16, n. 3, p. 40-48. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <https://bit.ly/38ITHJZ>. E-ISSN: 1557-5284.

FILEFORMAT: What is a GLB file?. [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2temNjR>

FILEFORMAT: What is a GLTF file? [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2Pqsmob>

FIREBASE: Firebase Hosting [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2Ppy1eg>

FLIPPED LEARNING NETWORK (FLN). The Four Pillars of F-L-I-P™ [en línea]. (12 de marzo de 2014). [Consultado: 2 de marzo de 2019]. Disponible en Internet: <https://bit.ly/2PknnW2>

GARTNER. 5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018 [Imagen]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en internet: <https://gtnr.it/2qU3oUC>

GOLDMAN, Zachary W.; GOODBOY, Alan K.; WEBER Keith. College Students' Psychological Needs and Intrinsic Motivation to Learn: An Examination of Self-Determination Theory [en línea]. En: Communication Quarterly. Agosto de 2016, vol. 65, n.2. [Consultado: 22 de febrero de 2019], p. 167-191 Disponible en internet: <http://doi.org/dg2p>

GITHUB: Lipsync Importer & Blinker, Blender Add-on [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2EiKJoA>

GOOGLE: Google Cloud [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2PoPSSn>

HEROKU: Heroku [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://www.heroku.com/what>

ISO/TC 159/SC 4. Human-centred design for interactive systems. En: ISO 13407:1999. 1 ed. 9 p.

JOHNSON, Amy M, et al. Investigating the impact of pedagogical agent gender matching and learner choice on learning outcomes and perceptions. En: Computers & Education [en línea]. Science Direct, septiembre de 2013. vol. 67, p. 36-50. [Consultado: 13 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2PmJYRM>

KISHINO, Fumio; MILGRAM, Paul. A Taxonomy Of Mixed Reality

Visual Displays [en línea]. En: IEICE Transactions on Information and Systems, diciembre de 1994 vol E77-D, no. 12, p. 1321-1329. [Consultado: 2 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://bit.ly/2tk0OrV>. ISSN: 09168532

LAMAS ROJAS, Héctor. Aprendizaje autorregulado, motivación y rendimiento académico. Liberabit [en línea]. 2008, vol.14, n.14 [Consultado: 22 de febrero de 2019], p. 15-20. Disponible en internet: <https://bit.ly/2PJlQgq>. ISSN 2233-7666.

LOAIZA, Erik F. y ROLDÁN, Marco A. aframe-proximity. NPM. [Consultado: 20 de enero de 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/lr5gTcJ>

LOAIZA, Erik F. y ROLDÁN, Marco A. aframe- arjs-delayed-marker. NPM. [Consultado: 20 de enero de 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/mr5gYPf>

LOAIZA, Erik F. y ROLDÁN, Marco A. aframe-arjs-vr. NPM. [Consultado: 20 de enero de 2020]. Disponible en: <https://cutt.ly/Fr5gU3t>

LORÉS VIDAL, Jesús; CAÑAS DELGADO, José Juan y GRANOLLERS I SALTIVERI, Toni. Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario. 1 ed. Barcelona: Editorial UOC. 2005. ISBN: 8497883209.

MAURI, Teresa; M.,Rosa; REMESAL, Ana; ROCHERA, M. José. Uso de cuestionarios online con feedback automático para la e-innovación en el alumnado universitario [en línea]. En: Comunicar 51: E-innovación en la educación superior. Abril de 2017, Vol. 25, n.51, p 51-60. [Consultado: 21 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/dg2q>. ISSN: 1134-3478. E-ISSN: 1988-3293.

MOREVNA PROJECT: Papagayo-NG: Open-Source Lipsync Software [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2YSnTxA>

NIELSEN, Jakob. Usability Engineering [en línea]. 1 ed. Estados Unidos: Morgan Kaufmann, 1993. [Consultado: 18 de febrero de 2018]. Disponible en Internet: <https://scialert.net/fulltext/?doi=itj.2015.31.36>

NIEMIEC, Christopher P.; RYAN, Richard M. Autonomy, competence, and relatedness in the classroom [en línea]. En: School Field, SAGE Publications. Junio de 2009, Vol. 7, no. 2, p. 133-144. [Consultado: 4 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/bmwfzs>

OBS Business School, El mercado del e-learning crecerá cada año un 7.6% hasta 2020 [sitio web]. Barcelona (26 de mayo de 2017). [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2M07TnX>

OPEN JS FOUNDATION: Node Js [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://nodejs.org/es/>

OPTITRACK: Motive: Optical motion capture software [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://optitrack.com/products/motive/>

PONTON, Michael K y RHEA, Nancy E. Autonomous learning from a social cognitive perspective [en línea]. En: New Horizons in Adult Education and Human Resource Development, Spring 2006, v. 20, p. 38-49. [Consultado: 20 de febrero de 2019]. Disponible en Internet: <http://doi.org/dq2s>

PRINCE, Michael J. y FELDER, Richard M. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases [en línea]. En: Journal of Engineering Education. Marzo de 2006, p. 1. [Consultado: 8 de enero de 2019]. Disponible en internet: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>

ROTH, Scott D. Ray casting for modeling solids. En: Computer Graphics and Image Processing [en línea]. Science Direct, octubre de 2004. vol. 18, p. 109-144. [Consultado: 13 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2Pq3T2n>

RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions [en línea]. En: Contemporary Educational Psychology, Enero de 2000

vol 25, no. 1, p. 54-67. [Consultado: 22 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/dxq9qk> ISSN 0361-476.

RYAN Richard M.; DECI, Edward L. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being [en línea]. En: American Psychologist. Enero de 2000, vol. 55, no. 1, p. 68-78. [Consultado: 21 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/bgvcpf> DOI: 10.1037/10003-066X.55.1.68

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. En: Mathematical Modelling [en línea]. Science Direct, mayo de 2002. vol. 9, p. 161-176. [Consultado: 13 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/36ECn6M>

SAILS JS: Sails Js [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://sailsjs.com/>

SANGHOON PARK. The Effects of Social Cue Principles on Cognitive Load, Situational Interest, Motivation, and Achievement in Pedagogical Agent Multimedia Learning [en línea]. Journal of Educational Technology & Society. Octubre de 2015, vol. 18, no. 4, p. 211–229. [Consultado: 22 de febrero de 2019] Disponible en internet: <https://bit.ly/2PPqB9C> ISSN: 1176-3647. E-ISSN: 1436-4522.

SOLANO ALEGRÍA, Andrés Fernando y CARDONA QUIROZ, Jesús David. Evaluación colaborativa de la usabilidad en el desarrollo de sistemas software interactivos [en línea]. 1 ed. Cali, Colombia. 2016. [Consultado: 04 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://afly.co/jjk2>

SWELLER, John. CHAPTER TWO - Cognitive Load Theory [en línea]. En: Academic Press, Psychology of Learning and Motivation. Julio d 2011, vol. 55, p. 37-76. [Consultado: 21 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <http://doi.org/cr3szq> ISSN: 0079-7421.

VANHORN, Shannon; WARD, Susan M. y WEISMAN, Kimberly M. Exploring Active Learning Theories, Practices, and Contexts [en línea]. En: Communication Research Trends. Septiembre de 2019, Vol. 38, no. 3, p. 6. [Consultado: 8 de enero de 2019]. Disponible en internet: <http://ezproxy.uao.edu.co:2094/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=d6d75c4d-4b03-4912-a82a-d733169299af%40sessionmgr103>

VUE JS: Vue CLI [sitio web]. [Consultado: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/36Bhsl9>

ANEXOS

Anexo A. Entrevista sobre percepción del curso.

(Estudiantes que no han cursado ASM)

1. ¿Qué piensa que se va a encontrar / Qué expectativas tiene en ASM?
2. ¿Qué le dicen sus compañeros que ya vieron ASM sobre el curso?
3. ¿Qué sabe de la metodología del curso de ASM?

(Estudiantes que están cursando actualmente ASM)

1. ¿Cómo ha sido su experiencia en ASM?
2. ¿Qué le dicen sus compañeros que están viendo con usted ASM sobre el curso?
3. ¿Qué piensa de la metodología del curso de ASM?

(Estudiantes que ya cursaron ASM)

1. ¿Cómo fue su experiencia en ASM?
2. ¿Qué le dicen sus compañeros que cursaron con usted ASM sobre el curso?
3. ¿Qué piensa de la metodología del curso de ASM?

Anexo B. Tablas de casos de uso.

Actores:

Nombre	Estudiante
Id	A_01
Descripción	Estudiante del programa de Ingeniería Multimedia de la Universidad Autónoma de Occidente que se encuentra cursando la asignatura de Arquitectura de Sistemas Multimedia.
Función	Estudiar: Utilizará la aplicación para recibir guía en la realización de su camino de aprendizaje.
Tipo	Principal

Id	A_02
Descripción	La API de Google permite comunicarse con los servicios de G-Suite de google cómo lo es la autenticación de credenciales de la universidad para los estudiantes
Función	Autenticar: Valida los datos personales de inicio de sesión de los estudiantes.
Tipo	Secundario

Casos de Uso:

Identificación	CU_01												
Nombre	Iniciar sesión												
Descripción	El estudiante que desea ingresar a la aplicación deberá autenticarse mediante sus credenciales de Google asociadas a la Universidad Autónoma de Occidente, ingresando su correo y contraseña (Directamente en la interfaz de la Universidad proveída por Google). La plataforma de Google deberá validar la información y posteriormente redirigir al estudiante a la aplicación con su información (Requiere hacer una consulta con la información del estudiante). Las credenciales del usuario se almacenarán en el sistema de forma persistente para posteriores acciones.												
Actor(es)	Principales: Estudiante A_01, Google API A_02												
Fase	Fachada												
Guión	<table> <tr> <th>Actor</th><th>Sistema</th></tr> <tr> <td>1. Ingresar sus credenciales: Correo electrónico y contraseña y presiona ingresar</td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>2. Valida que los campos no estén vacíos</td></tr> <tr> <td></td><td>3. Valida que el correo sea del dominio uao.edu.edu.co</td></tr> <tr> <td></td><td>4. Envía las credenciales del usuario a la validación de credenciales de la API de Google y espera validación</td></tr> <tr> <td></td><td>5. Redirige al usuario a la aplicación</td></tr> </table>	Actor	Sistema	1. Ingresar sus credenciales: Correo electrónico y contraseña y presiona ingresar			2. Valida que los campos no estén vacíos		3. Valida que el correo sea del dominio uao.edu.edu.co		4. Envía las credenciales del usuario a la validación de credenciales de la API de Google y espera validación		5. Redirige al usuario a la aplicación
Actor	Sistema												
1. Ingresar sus credenciales: Correo electrónico y contraseña y presiona ingresar													
	2. Valida que los campos no estén vacíos												
	3. Valida que el correo sea del dominio uao.edu.edu.co												
	4. Envía las credenciales del usuario a la validación de credenciales de la API de Google y espera validación												
	5. Redirige al usuario a la aplicación												

Identificación	CU_02							
Nombre	Cerrar sesión							
Descripción	El estudiante que desea cerrar sesión deberá seleccionar la opción de cerrar opción.							
Actor(es)	Principales: Estudiante A_01							
Fase	Fachada							
Guión	<table><tr><th>Actor</th><th>Sistema</th></tr><tr><td>1. El estudiante selecciona la opción de “cerrar sesión”.</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2. Cierra la sesión.</td></tr></table>		Actor	Sistema	1. El estudiante selecciona la opción de “cerrar sesión”.			2. Cierra la sesión.
Actor	Sistema							
1. El estudiante selecciona la opción de “cerrar sesión”.								
	2. Cierra la sesión.							

Identificación	CU_03											
Nombre	Crear camino de aprendizaje del estudiante											
Descripción	El estudiante inicia sesión en el sistema por primera vez y el sistema crea un nuevo camino de aprendizaje relacionado al estudiante, este resulta de la duplicación base de la plantilla de camino de aprendizaje que posteriormente se irá actualizando según las acciones del estudiante sobre el sistema.											
Actor(es)	Principales: Estudiante A_01											
Fase	Fachada											
Guión	<table><thead><tr><th>Actor</th><th>Sistema</th></tr></thead><tbody><tr><td>1. El estudiante inicia sesión con sus credenciales</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2. Valida que el usuario no tenga asociado un camino de aprendizaje</td></tr><tr><td></td><td>3. Consulta la plantilla de camino de aprendizaje</td></tr><tr><td></td><td>4. Crea un nuevo camino de aprendizaje asociado al estudiante</td></tr></tbody></table>		Actor	Sistema	1. El estudiante inicia sesión con sus credenciales			2. Valida que el usuario no tenga asociado un camino de aprendizaje		3. Consulta la plantilla de camino de aprendizaje		4. Crea un nuevo camino de aprendizaje asociado al estudiante
Actor	Sistema											
1. El estudiante inicia sesión con sus credenciales												
	2. Valida que el usuario no tenga asociado un camino de aprendizaje											
	3. Consulta la plantilla de camino de aprendizaje											
	4. Crea un nuevo camino de aprendizaje asociado al estudiante											

Identificación	CU_04	
Nombre	Consultar camino de aprendizaje del estudiante	
Descripción	Todas las acciones realizadas que recuperen o afecten la información del camino de aprendizaje del estudiante.	
Actor(es)	Principales: Estudiante A_01	
Fase	Fachada	
Guión	Actor	Sistema
	1. Se realiza una acción que requiere de	

	conocer los contenidos asociados al camino de aprendizaje del estudiante	
		2. Consulta información del Camino de aprendizaje

Identificación	CU_05									
Nombre	Actualizar camino de aprendizaje del estudiante									
Descripción	El estudiante ha completado una actividad, el sistema consulta y actualiza su camino de aprendizaje y agrega uno nuevo contenido al final del mismo.									
Actor(es)	Principales: Estudiante A_01									
Fase	Fachada									
Guión	<table><thead><tr><th>Actor</th><th>Sistema</th></tr></thead><tbody><tr><td>1. El estudiante termina una actividad</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2. Consulta el camino de aprendizaje del estudiante</td></tr><tr><td></td><td>3. Agrega un contenido al final del camino de aprendizaje del estudiante</td></tr></tbody></table>		Actor	Sistema	1. El estudiante termina una actividad			2. Consulta el camino de aprendizaje del estudiante		3. Agrega un contenido al final del camino de aprendizaje del estudiante
Actor	Sistema									
1. El estudiante termina una actividad										
	2. Consulta el camino de aprendizaje del estudiante									
	3. Agrega un contenido al final del camino de aprendizaje del estudiante									

Identificación	CU_06							
Nombre	Consultar asignaturas inscritas							
Descripción	El estudiante que desea consultar sus asignaturas inscritas, debe ir al sistema e iniciar sesión para visualizarlas.							
Actor(es)	Principales: Estudiante A_01							
Fase	Fachada							
Guión	<table><tr><th>Actor</th><th>Sistema</th></tr><tr><td></td><td>1. Consulta asignaturas con los datos del estudiante en la BD del sistema</td></tr><tr><td></td><td>2. Despliega las asignaturas</td></tr></table>		Actor	Sistema		1. Consulta asignaturas con los datos del estudiante en la BD del sistema		2. Despliega las asignaturas
Actor	Sistema							
	1. Consulta asignaturas con los datos del estudiante en la BD del sistema							
	2. Despliega las asignaturas							

Identificación	CU_07	
Nombre	Consultar un módulo de una asignatura	
Descripción	El estudiante que desea consultar un módulo, debe seleccionar una asignatura, para desplegar los módulos disponible y posteriormente seleccionar el módulo que desea consultar.	
Actor(es)	Principales: Estudiante A_01	

Fase	Fachada	
Guión		
	Actor	Sistema
	1. El estudiante selecciona una asignatura	
		3. Consulta los módulos disponibles
		4. Despliega los módulos disponibles
	5 Seleccionar un módulo para consultar	
		6. Despliega las Actividades asociadas al módulo

Identificación	CU_08									
Nombre	Consultar actividad de un módulo									
Descripción	El estudiante que desea consultar la actividad de un módulo, deberá seleccionar el el tipo de actividad (Preparación de clase o Quiz) en el sistema.									
Actor(es)	Principales: Estudiante A_01									
Fase	Fachada									
Guión	<table><tr><th>Actor</th><th>Sistema</th></tr><tr><td>1. El estudiante selecciona una actividad</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2. Consulta el contenido de la actividad en la BD del sistema</td></tr><tr><td></td><td>3. Despliega el contenido de la actividad</td></tr></table>		Actor	Sistema	1. El estudiante selecciona una actividad			2. Consulta el contenido de la actividad en la BD del sistema		3. Despliega el contenido de la actividad
Actor	Sistema									
1. El estudiante selecciona una actividad										
	2. Consulta el contenido de la actividad en la BD del sistema									
	3. Despliega el contenido de la actividad									

Identificación	CU_09					
Nombre	Consultar Material					
Descripción	Cuando el estudiante selecciona una actividad de tipo material el sistema recupera los contenidos y recursos asociados y despliega el material. Es una extensión del caso de uso consultar actividad de un módulo					
Actor(es)	Principales: Estudiante A_01					
Fase	Fachada					
Guión	<table><tr><th>Actor</th><th>Sistema</th></tr><tr><td>1. El estudiante selecciona una actividad de tipo material</td><td></td></tr></table>		Actor	Sistema	1. El estudiante selecciona una actividad de tipo material	
Actor	Sistema					
1. El estudiante selecciona una actividad de tipo material						

		2. Consulta el contenido en la BD del sistema
		3. Despliega el contenido

Identificación	CU_10											
Nombre	Realizar Evaluación											
Descripción	Cuando el estudiante selecciona una actividad de tipo evaluación el sistema consulta el contenido y recursos asociados y el estudiante realiza la evaluación. Es una extensión del caso de uso consultar actividad de un módulo											
Actor(es)	Principales: Estudiante A_01											
Fase	Terminados											
Guión	<table><thead><tr><th>Actor</th><th>Sistema</th></tr></thead><tbody><tr><td>1. El estudiante selecciona una actividad tipo evaluación</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2. Consulta el contenido en la BD del sistema</td></tr><tr><td></td><td>3. Despliega el contenido</td></tr><tr><td>4. Realiza la evaluación</td><td></td></tr></tbody></table>		Actor	Sistema	1. El estudiante selecciona una actividad tipo evaluación			2. Consulta el contenido en la BD del sistema		3. Despliega el contenido	4. Realiza la evaluación	
Actor	Sistema											
1. El estudiante selecciona una actividad tipo evaluación												
	2. Consulta el contenido en la BD del sistema											
	3. Despliega el contenido											
4. Realiza la evaluación												

Anexo C. Encuesta para avatar virtual.

La presente encuesta tiene como objetivo recolectar información que permita construir la personalidad de un avatar virtual que sugiere evocar la esencia del InfoLab y de sus usuarios, esto como componente de un proyecto de grado de Ingeniería Multimedia, todos los datos recopilados se usarán exclusivamente para este fin. La información diligenciada será de carácter privado y académico.

//Omitimos componentes de identificación ya que la diligenciarán desde el correo institucional

1. Por favor indíque su edad:

a. valor numérico

2. Programa académico al que pertenece

a. Lista

Entonces, teniendo en cuenta que el avatar cumplirá la función de tutor/facilitador de aprendizaje, conteste:

3. De las siguientes opciones, ¿cuál considera más importante en un tutor de clase?

a. Formal y profesional

b. Relajado y empático

4. De las siguientes opciones, ¿cuál considera es el rango de edad que debe tener un tutor?

a. 15-20 años //edades que podrían tener los de 5to

b. 20-28

c. 28-35

5. +35

¿En cuál de las siguientes categorías clasificaría usted al personaje que cumplirá el rol de tutor?

a. Fantasía

b. Héroe de acción

c. Personaje de terror

d. Robots-Futuro

6. ¿En cuál de los siguientes tipos calificaría usted al personaje que cumplirá el rol de facilitador?

a. Humano

b. Animal

c. Robot

d. Otro

7. ¿En cuáles de las siguientes categorías clasificaría usted al personaje que cumplirá el rol de facilitador? (Múltiple selección)

a. Mitológico

b. Fantástico




c. Héroe de acción

d. Futurista

e. Profesional (Ej Docente, Ingeniero, etc)

f. Personaje de Terror

Anexo D. Personajes involucrados en el estilo visual de Violet.

N	Title	Company	Character Name	Image
1	N/A	N/A	N/A	
2	Bee movie	Dreamworks	Vanessa Bloom	
3	Toy Story	Pixar	Andy's Mom	
4	Overwatch	Blizzard	Sombra	
5	The IAMC 2018	Yvan Feusi, Sylvain Favre and Maxime Hacquard	woman	

Anexo E. Planeación Pensando en Voz Alta y Cuestionario.

Planeación selección de Forma de interacción

Con el fin de garantizar la forma de interacción más apropiada para Violet xR se procederá a evaluar 3 tipos de interacción con Realidad Aumentada basada en marcadores:

1. Interacción por proximidad de marcadores: Consiste en realizar selecciones o configuraciones aproximando dos marcadores entre sí, de forma que dada una distancia determinada se detecta una acción del usuario

2. Interacción por selección de cursor (raycaster): Consiste en un mecanismo de interacción de usuario heredado de aplicaciones basadas en Realidad Virtual donde el usuario dispone de un cursor ubicado en la parte central de la pantalla el cual ejecuta acciones al enfocar objetos 3D por un tiempo determinado

3. Interacción mixta: Es una combinación entre proximidad de marcadores y selección de cursor, diferenciando entre acciones determinadas qué tipo de interacción utilizar para ejecutarlas.

Las 3 formas de interacción serán probadas mediante el método pensando en voz alta con un cuestionario posterior. Para la ejecución del método Pensando en voz alta los usuarios son requeridos a ejecutar una serie de tareas mientras estos comunican sus pensamientos e impresiones, para lo cual el evaluador, de ser necesario, deberá realizar las preguntas que considere pertinentes. Este conjunto de tareas se deberá realizar completo por cada forma de interacción y posteriormente se realiza el cuestionario.

Tareas:

1. Iniciar sesión.
2. Revisar Actividad Sugerida.
3. Revisar el material de la actividad "CPU" del módulo "Hardware".
4. Revisar el quiz de la actividad "CPU" del módulo "Hardware".
5. Cerrar sesión.

Cuestionario:

1. ¿Cuál de las formas de interacción le pareció más sencilla y por qué?
2. ¿Cuál de las formas de interacción le pareció más difícil y por qué?
3. ¿En general, cuál forma de interacción le gustó más y por qué?

Anexo F. Guía de evaluador para Experimentos Formales.



Documento guía para el evaluador

Prueba de usabilidad aplicación Web Violet xR.

Nota: Los pasos subrayados con **violeta**, no están considerados en la estimación de "Tiempo máximo", pues pueden tener una variación significativa entre usuarios y dentro del objetivo de la prueba no tiene relevancia. En cambio, se evalúa exclusivamente que el paso sea exitoso.

Fecha: _____

Pasos	Criterios de éxito	Tiempo máximo	Complimiento tarea (éxito o fracaso)	Observaciones
Tarea N° 1: Iniciar sesión.				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Abrir la aplicación Web Violet xR en el dispositivo móvil. 2. Seleccionar la opción "Iniciar sesión". 3. El usuario es redireccionado a la página de acceso a Google Apps de la UAO. Ingresar el usuario de la UAO en el campo "Usuario". 4. Ingresar la contraseña en el campo "Contraseña". 5. Seleccionar la opción "Enviar". 6. El usuario es instruido para colocar su celular en el HMD (o Cardboard). Ubicar el celular en el HMD y colocar en la cabeza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Abre la aplicación Web Violet xR en el dispositivo móvil. • Selecciona la opción "Iniciar sesión". • Ingresar el usuario en el campo "Usuario". • Ingresar la contraseña en el campo "Contraseña". • Selecciona la opción "Enviar". • El usuario entiende la instrucción y ubica su celular en el HMD para posteriormente ajustarlo a su cabeza. 	1 minuto		
Tarea N° 2: Salir actividad / Eliminar configuración.				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Previamente se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar la opción "Actividad Sugerida:". 2. Salir de la actividad previamente seleccionada. 	<ul style="list-style-type: none"> • El usuario identifica la opción "Actividad Sugerida:". • El usuario identifica cómo salir de la actividad previamente seleccionada. 	20 segundos		
Tarea N° 3: Realizar la actividad sugerida por Violet.				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Previamente se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar la opción "Actividad Sugerida:". 2. Realizar la actividad sugerida. 	<ul style="list-style-type: none"> • El usuario identifica la opción "Actividad Sugerida:". • El usuario realiza la actividad sugerida. 	30 segundos		
Tarea N° 4: Realizar una actividad de tipo Material llamada "Modelo OSI" del módulo "Telecomunicaciones".				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Previamente se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar el módulo "Telecomunicaciones". 2. Seleccionar la actividad de tipo Material llamada "Modelo OSI". 3. Revisar el material. 	<ul style="list-style-type: none"> • El usuario identifica la opción "Módulo Telecomunicaciones". • El usuario identifica la opción "Actividad CPU" de tipo Material. • El usuario revisa el material. 	1 minuto		
Tarea N° 5: Realizar una actividad de tipo Quiz llamada "Modelo OSI" del módulo "Telecomunicaciones".				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Previamente se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar el módulo "Telecomunicaciones". 2. Seleccionar la actividad de tipo Quiz "Modelo OSI". 3. Realizar quiz. 	<ul style="list-style-type: none"> • El usuario identifica la opción "Módulo Telecomunicaciones". • El usuario identifica la opción "Actividad Modelo OSI" de tipo Quiz. • El usuario realiza el quiz. 	1 minuto		
Tarea N° 6: Realizar una actividad "libre" de tipo Material de un módulo "libre".				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Previamente se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar el módulo "libre". 2. Seleccionar la actividad "libre" de tipo Material. 3. Revisar el material. 	<ul style="list-style-type: none"> • El usuario identifica la opción "Módulo libre". • El usuario identifica la opción "Actividad libre" de tipo Material. • El usuario revisa el material. 	1 minuto		
Tarea N° 7: Realizar una actividad "libre" de tipo Quiz de un módulo "libre".				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Previamente se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar el módulo "libre". 2. Seleccionar la actividad "libre" de tipo Quiz. 3. Realizar quiz. 	<ul style="list-style-type: none"> • El usuario identifica la opción "Módulo libre". • El usuario identifica la opción "Actividad libre" de tipo Quiz. • El usuario realiza el quiz. 	1 minuto		
Tarea N° 8: Cerrar Sesión				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Previamente se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar la opción "Cerrar Sesión". 	<ul style="list-style-type: none"> • El usuario identifica la opción "Cerrar Sesión". 	20 segundos		

Anexo G. Guía de usuario para Experimentos Formales.

Documento guía para los usuarios

Estimado(a) colaborador(a):

Usted participará en una prueba para evaluar el grado de usabilidad de la aplicación Violet xR en su versión para dispositivos móviles, la cual consiste en un sistema que ofrece una guía para los estudiantes de Arquitectura de Sistemas Multimedia en su camino de aprendizaje además del despliegue de su contenido. La prueba tiene por objetivo detectar la existencia de problemas en el uso de dicha aplicación, en el marco de un estudio de usabilidad, a fin de mejorar la experiencia del usuario.

SE ESTÁ EVALUANDO LA APLICACIÓN, NO EL DESEMPEÑO DE USTED COMO USUARIO, POR LO TANTO, ¡NO SE PREOCUPE SI COMETE ALGÚN ERROR!

Toda la información que usted nos proporciona es absolutamente confidencial y muy relevante para nuestro estudio, por lo cual le agradecemos su cooperación.

La prueba tiene 3 etapas:

- (1) En la primera etapa usted deberá completar un breve cuestionario con preguntas relativas a su experiencia en el uso de tecnologías de la información y aplicaciones móviles.
- (2) En la segunda etapa se le proporcionará un conjunto de tareas que debe realizar en la aplicación Violet xR mediante un dispositivo móvil.
- (3) En la tercera etapa usted deberá completar un breve cuestionario que tiene por objetivo obtener la percepción general sobre su experiencia en el uso de la aplicación Violet xR.

SI TIENE ALGUNA DUDA DURANTE EL DESARROLLO DE LA PRUEBA, ¡CONTÁCTE CON EL EVALUADOR!

(1) Cuestionario pre-test

Conteste el siguiente cuestionario.

OMITA ESTE APARTADO

(2) Lista de tareas

Considere el siguiente escenario para realizar las tareas:

Usted desea prepararse para la clase de Arquitectura de Sistemas Multimedia estudiando de manera autónoma los contenidos de la asignatura, por lo cual, ha decidido utilizar a Violet xR para obtener una guía sobre su camino de aprendizaje. En su dispositivo móvil tiene la aplicación y cuenta con un dispositivo para visualización en xR (HMD).

Tarea N° 1: Iniciar sesión.

1. Abrir la aplicación Web Violet xR en el dispositivo móvil.
2. Seleccionar la opción “Iniciar sesión”.
3. Será redireccionado a la página de acceso a Google Apps de la UAO. Ingresar el usuario de la UAO en el campo “Usuario”.
4. Ingresar la contraseña en el campo “Contraseña”.
5. Seleccionar la opción “Enviar”.
6. Será instruido para colocar su celular en el HMD (o Cardboard). Ubicar el celular en el HMD y colocar en la cabeza.

Tarea N° 2: Salir actividad / Eliminar configuración.

1. Una vez se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar la opción “Actividad Sugerida: ...”.
2. Salir de la actividad previamente seleccionada.

Tarea N° 3: Realizar la actividad sugerida por Violet.

1. Una vez se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar la opción “Actividad Sugerida: ...”.
2. Realizar la actividad sugerida.

Tarea N° 4: Revisar el material de la actividad “Modelo OSI” del módulo “Telecomunicaciones”.

1. Una vez se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar el módulo “Telecomunicaciones”.
2. Seleccionar la actividad “Modelo OSI”.
3. Seleccionar la opción “Material”.
4. Revisar el material.

Tarea N° 5: Realizar el quiz de la actividad “Modelo OSI” del módulo “Telecomunicaciones”.

1. Una vez se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar el módulo “Telecomunicaciones”.
2. Seleccionar la actividad “Modelo OSI”.
3. Seleccionar la opción “Quiz”.
4. Realizar quiz.

Tarea N° 6: Revisar un material de una actividad “libre” de un módulo “libre”.

1. Una vez se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar el módulo que desee.
2. Seleccionar la actividad que desee.

3. Seleccionar la opción "Material".
4. Revisar el material.

Tarea N° 7: Realizar el quiz de una actividad "libre" de un módulo "libre".

1. Una vez se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar el módulo que desee.
2. Seleccionar la actividad que desee.
3. Seleccionar la opción "Quiz".
4. Realizar quiz

Tarea N° 8: Cerrar sesión.

1. Una vez se ha iniciado sesión y ubicado el HMD, seleccionar la opción "Cerrar Sesión".
Encierre en un círculo la nota más apropiada para cada una de las siguientes preguntas.

1. ¿Pudo completar las tareas?

1	2	3	4	5
Muy difícilmente	Difícilmente	Neutral	Fácilmente	Muy fácilmente

2. ¿Considera que la información disponible en la aplicación es completa (suficiente)?

1	2	3	4	5
Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo

3. ¿Considera que la información disponible en la aplicación es fácil de entender?

1	2	3	4	5
Muy difícil	Difícil	Neutral	Fácil	Muy fácil

4. ¿Considera que la información requerida en la prueba ha sido fácil de encontrar?

1	2	3	4	5
Muy difícil	Difícil	Neutral	Fácil	Muy fácil

5. Respecto a la disposición de la información, ¿Para seleccionar una opción o un botón se requiere de un gran esfuerzo?

1	2	3	4	5
Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo

6. ¿Es fácil la navegación (desplazamientos entre pantallas) a través de la aplicación?

1	2	3	4	5
Muy difícil	Difícil	Neutral	Fácil	Muy fácil

7. ¿El diseño de la aplicación es consistente?

1	2	3	4	5
Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo

8. ¿Se ha sentido bien informado u orientado dentro de la aplicación?

1	2	3	4	5
Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo

9. El tiempo transcurrido entre la selección de una opción y su respectiva ejecución le parece:

1	2	3	4	5
Muy lento	Lento	Neutral	Rápido	Muy rápido

10. Usted califica su grado de satisfacción en el uso de la aplicación como:

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Insatisfactorio	Poco satisfactorio	Neutral	Satisfactorio	Muy satisfactorio
-----------------	--------------------	---------	---------------	-------------------

11. ¿Volverá a utilizar la aplicación?				
1	2	3	4	5
Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Completamente de acuerdo

12. ¿Cómo evalúa su experiencia como colaborador de esta prueba?				
1	2	3	4	5
Muy desagradable	Desagradable	Neutral	Agradable	Muy agradable

13. ¿Qué fue lo que más le gustó de la aplicación?

14. ¿Qué fue lo que más le disgustó de la aplicación?

¡Muchas gracias por su colaboración!

Anexo H. Formato de acuerdo de confidencialidad.



Acuerdo de confidencialidad

YO _____ ACEPTO participar en
una _____ prueba de usabilidad supervisada por
_____, el día ____/____/____, en
las instalaciones de la *Universidad Autónoma de Occidente*. Entiendo y estoy
de acuerdo con las condiciones mencionadas en adelante.

Comprendo que la prueba se hace sólo para evaluar un sistema interactivo, NO mis capacidades, habilidades y conocimientos.

Comprendo que los resultados de la prueba se utilizarán sólo para propósitos académicos y/o de investigación, sin que mi identidad sea revelada.

Entiendo que puedo comunicar al supervisor de la prueba, en cualquier momento, mi malestar, molestia o inconformidad.

Comprendo que puedo abandonar la prueba y el lugar en cualquier momento.

Entiendo que la prueba debe ser filmada para un análisis posterior y, por tanto, se tendrá registro de mi imagen y mi voz en formato de video.

Firma